

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2003年9月18日 (18.09.2003)

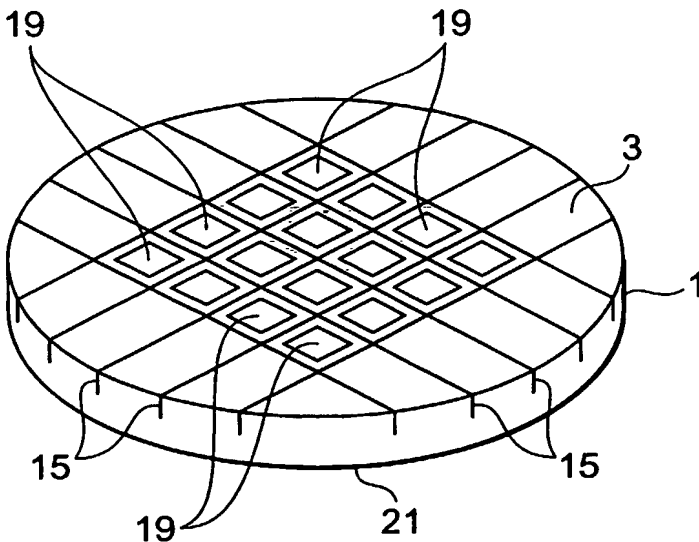
PCT

(10) 国際公開番号  
WO 03/077295 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 21/301, B23K 26/00
- (21) 国際出願番号: PCT/JP03/02669
- (22) 国際出願日: 2003年3月6日 (06.03.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願2002-67289 2002年3月12日 (12.03.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 浜松ホトニクス株式会社 (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.) [JP/JP]; 〒435-8558 静岡県 浜松市 市野町1126番地の1 Shizuoka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 藤井 義磨郎 (FUJII, Yoshimaro) [JP/JP]; 〒435-8558 静岡県 浜松市 市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 福世 文嗣 (FUKUYO, Fumitsugu) [JP/JP]; 〒435-8558 静岡県 浜松市 市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP).
- (74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外 (HASEGAWA, Yoshiki et al.); 〒104-0061 東京都 中央区 銀座一丁目10番6号 銀座ファーストビル 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, [続葉有])

(54) Title: METHOD FOR DICING SUBSTRATE

(54) 発明の名称: 基板の分割方法



(57) Abstract: A method for making thin and dicing a substrate while preventing chipping or cracking. The method for dicing a substrate is characterized by comprising a step for forming a reformed region including a region subjected to melting through absorption of multiple photons in a semiconductor substrate (1) having functional elements (19) formed on the surface (3) by irradiating the semiconductor substrate (1) with a laser beam condensed at an inner point thereof and then forming a dicing starting point region in the reformed region including the region subjected to melting, and a step for polishing the rear surface (21) of the semiconductor substrate (1) such that the semiconductor substrate (1) has a specified thickness following the step for forming the dicing starting point region.

(57) 要約: チッピングやクラッキングの発生を防止して、基板を薄型化し且つ基板を分割することのできる基板の分割方法を提供する。この基板の分割方法は、

表面3に機能素子19が形成されている半導体基板1の内部に集光点を合わせてレーザー光を照射することにより、半導体基板1の内部に多光子吸収による熔融処理領域を含む改質領域を形成し、当該熔融処理領域を含む改質領域をもって切断起点領域を形成する工程と、切断起点領域を形成する工程後、半導体基板1が所定の厚さとなるよう半導体基板1の裏面21を研磨する工程とを備えることを特徴とする。

507,321



WO 03/077295 A1



AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

- 国際調査報告書

## 明細書

### 基板の分割方法

#### 技術分野

5 本発明は、半導体デバイスの製造工程等において半導体基板等の基板を分割するために使用される基板の分割方法に関する。

#### 背景技術

10 近年の半導体デバイスの小型化に伴い、半導体デバイスの製造工程において、半導体基板が数10 $\mu$ m程度の厚さにまで薄型化されることがある。このように薄型化された半導体基板をブレードにより切断し分割すると、半導体基板が厚い場合に比べてチップングやクラッキングの発生が増加し、半導体基板を分割することで得られる半導体チップの歩留まりが低下するという問題がある。

このような問題を解決し得る半導体基板の分割方法として、特開昭64-38209号公報や特開昭62-4341号公報に記載された方法が知られている。

15 すなわち、これらの公報に記載された方法は、表面に機能素子が形成されている半導体基板に対して当該表面側からブレードにより溝を形成し、その後、当該表面に粘着シートを貼り付けて半導体基板を保持し、予め形成された溝に達するまで半導体基板の裏面を研磨することで、半導体基板を薄型化する共に半導体基板を分割するというものである。

#### 発明の開示

20 しかしながら、上記公報に記載された方法にあつては、半導体基板の裏面の研磨を平面研削により行くと、平面研削面が、半導体基板に予め形成された溝に達した際に、当該溝の側面でチップングやクラッキングが発生するおそれがある。

25 そこで、本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、チップングやクラッキングの発生を防止して、基板を薄型化し且つ基板を分割することのできる基板の分割方法を提供することを目的とする。

上記目的を達成するために、本発明に係る基板の分割方法は、基板の内部に集

光点を合わせてレーザ光を照射し、基板の内部に多光子吸収による改質領域を形成し、この改質領域によって、基板の切断予定ラインに沿って基板のレーザ光入射面から所定距離内側に切断起点領域を形成する工程と、切断起点領域を形成する工程後、基板が所定の厚さとなるよう基板を研磨する工程とを備えることを特徴とする。

5

この基板の分割方法によれば、切断起点領域を形成する工程においては、基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射し、基板の内部に多光子吸収という現象を発生させて改質領域を形成するため、この改質領域でもって、基板を切断すべき所望の切断予定ラインに沿うよう基板の内部に切断起点領域を形成することができる。基板の内部に切断起点領域が形成されると、自然に或いは比較的小さな力によって、切断起点領域を起点として基板の厚さ方向に割れが発生する。

10

そして、基板を研磨する工程においては、基板の内部に切断起点領域を形成した後、基板が所定の厚さとなるよう基板を研磨するが、このとき、研磨面が、切断起点領域を起点として発生した割れに達しても、この割れにより切断された基板の切断面は互いに密着した状態であるため、研磨による基板のチッピングやクラッキングを防止することができる。

15

したがって、チッピングやクラッキングの発生を防止して、基板を薄型化し且つ基板を分割することが可能となる。

20

ここで、集光点とは、レーザ光が集光した箇所のことである。また、研磨とは、切削、研削及びケミカルエッチング等を含む意味である。さらに、切断起点領域とは、基板が切断される際に切断の起点となる領域を意味する。したがって、切断起点領域は、基板において切断が予定される切断予定部である。そして、切断起点領域は、改質領域が連続的に形成されることで形成される場合もあるし、改質領域が断続的に形成されることで形成される場合もある。

25

また、基板としては、シリコン基板やGaAs基板等の半導体基板や、サファイア基板やAlN基板等の絶縁基板がある。そして、基板が半導体基板の場合の

改質領域としては、例えば溶融処理した領域がある。

5 また、基板の表面には機能素子が形成されており、基板を研磨する工程では基板の裏面を研磨することが好ましい。機能素子の形成後に基板を研磨することができるため、例えば半導体デバイスの小型化に対応するよう、薄型化されたチップを得ることが可能となる。ここで、機能素子とは、フォトダイオード等の受光素子やレーザダイオード等の発光素子、或いは回路として形成された回路素子等を意味する。

10 また、基板を研磨する工程は、基板の裏面にケミカルエッチングを施す工程を含むことが好ましい。基板の裏面にケミカルエッチングを施すと、基板の裏面がより平滑化されることは勿論であるが、切断起点領域を起点として発生した割れによる基板の切断面が互いに密着しているため、当該切断面の裏面側のエッジ部のみが選択的にエッチングされ面取りされた状態となる。したがって、基板を分割することで得られるチップの抗折強度を向上させることができると共に、チップにおけるチッピングやクラッキングの発生を防止することが可能となる。

#### 15 図面の簡単な説明

図 1 は、本実施形態に係るレーザ加工方法によるレーザ加工中の加工対象物の平面図である。

図 2 は、図 1 に示す加工対象物のII-II線に沿った断面図である。

20 図 3 は、本実施形態に係るレーザ加工方法によるレーザ加工後の加工対象物の平面図である。

図 4 は、図 3 に示す加工対象物のIV-IV線に沿った断面図である。

図 5 は、図 3 に示す加工対象物のV-V線に沿った断面図である。

図 6 は、本実施形態に係るレーザ加工方法により切断された加工対象物の平面図である。

25 図 7 は、本実施形態に係るレーザ加工方法における電界強度とクラックスポットの大きさとの関係を示すグラフである。

図 8 は、本実施形態に係るレーザ加工方法の第 1 工程における加工対象物の断面図である。

図 9 は、本実施形態に係るレーザ加工方法の第 2 工程における加工対象物の断面図である。

5 図 10 は、本実施形態に係るレーザ加工方法の第 3 工程における加工対象物の断面図である。

図 11 は、本実施形態に係るレーザ加工方法の第 4 工程における加工対象物の断面図である。

10 図 12 は、本実施形態に係るレーザ加工方法により切断されたシリコンウェハの一部における断面の写真を表した図である。

図 13 は、本実施形態に係るレーザ加工方法におけるレーザ光の波長とシリコン基板の内部の透過率との関係を示すグラフである。

図 14 は、実施例 1 に係るレーザ加工装置の概略構成図である。

15 図 15 は、実施例 1 に係るレーザ加工方法を説明するためのフローチャートである。

図 16 は、実施例 1 に係る切断起点領域を形成する工程後の半導体基板を示す図である。

図 17 は、実施例 1 に係る保護フィルムを貼り付ける工程を説明するための図である。

20 図 18 は、実施例 1 に係る半導体基板を研磨する工程を説明するための図である。

図 19 は、実施例 1 に係る拡張フィルムを貼り付ける工程を説明するための図である。

25 図 20 は、実施例 1 に係る保護フィルムを剥がす工程を説明するための図である。

図 21 は、実施例 1 に係る拡張フィルムをエキスパンドし半導体チップをピッ

クアップする工程を説明するための図である。

図 2 2 は、実施例 1 に係る半導体基板を研磨する工程後の半導体チップの切断面の裏面側のエッジ部に形成された面取りを示す図である。

5 図 2 3 A は、実施例 1 に係る半導体基板を研磨する工程後の半導体チップの切断面内に溶融処理領域が残存する場合であって、半導体基板を研磨する工程前に割れが表面に達している場合を説明するための図である。

図 2 3 B は、実施例 1 に係る半導体基板を研磨する工程後の半導体チップの切断面内に溶融処理領域が残存する場合であって、半導体基板を研磨する工程前に割れが表面に達していない場合を説明するための図である。

10 図 2 4 A は、実施例 1 に係る半導体基板を研磨する工程後の半導体チップの切断面内に溶融処理領域が残存しない場合であって、半導体基板を研磨する工程前に割れが表面に達している場合を説明するための図である。

15 図 2 4 B は、実施例 1 に係る半導体基板を研磨する工程後の半導体チップの切断面内に溶融処理領域が残存しない場合であって、半導体基板を研磨する工程前に割れが表面に達していない場合を説明するための図である。

図 2 5 A は、実施例 1 に係る半導体基板を研磨する工程後の半導体チップの切断面の裏面側のエッジ部に溶融処理領域が残存する場合であって、半導体基板を研磨する工程前に割れが表面に達している場合を説明するための図である。

20 図 2 5 B は、実施例 1 に係る半導体基板を研磨する工程後の半導体チップの切断面の裏面側のエッジ部に溶融処理領域が残存する場合であって、半導体基板を研磨する工程前に割れが表面に達していない場合を説明するための図である。

図 2 6 A は、実施例 1 に係る半導体基板を研磨する工程前の半導体基板の周縁部の断面図である。

25 図 2 6 B は、実施例 1 に係る半導体基板を研磨する工程後の半導体基板の周縁部の断面図である。

図 2 7 は、実施例 2 に係るサファイア基板の平面図である。

図 28 は、実施例 2 に係る切断起点領域を形成する工程を説明するための断面図である。

図 29 は、実施例 2 に係る機能素子を形成する工程を説明するための断面図である。

5 図 30 は、実施例 2 に係る保護フィルムを貼り付ける工程を説明するための断面図である。

図 31 は、実施例 2 に係るサファイア基板を研磨する工程を説明するための断面図である。

10 図 32 は、実施例 2 に係る拡張フィルムを貼り付ける工程を説明するための断面図である。

図 33 は、実施例 2 に係る保護フィルムに紫外線を照射する工程を説明するための断面図である。

図 34 は、実施例 2 に係る保護フィルムを剥がす工程を説明するための断面図である。

15 図 35 は、実施例 2 に係る拡張フィルムをエキスパンドし半導体チップを分離する工程を説明するための断面図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、図面と共に本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。本実施形態に係る基板の分割方法は、基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射し、  
20 基板の内部に多光子吸収による改質領域を形成することで切断起点領域を形成する工程と、切断起点領域を形成する工程後、基板が所定の厚さとなるよう基板を研磨する工程とを備えている。

まず、切断起点領域を形成する工程において実施されるレーザ加工方法、特に多光子吸収について説明する。

25 材料の吸収のバンドギャップ  $E_g$  よりも光子のエネルギー  $h\nu$  が小さいと光学的に透明となる。よって、材料に吸収が生じる条件は  $h\nu > E_g$  である。しかし



、光学的に透明でも、レーザ光の強度を非常に大きくすると  $n h \nu > E_g$  の条件 ( $n = 2, 3, 4, \dots$ ) で材料に吸収が生じる。この現象を多光子吸収という。パルス波の場合、レーザ光の強度はレーザ光の集光点のピークパワー密度 ( $W/cm^2$ ) で決まり、例えばピークパワー密度が  $1 \times 10^8$  ( $W/cm^2$ ) 以上の条件で多光子吸収が生じる。ピークパワー密度は、(集光点におけるレーザ光の1パルス当たりのエネルギー)  $\div$  (レーザ光のビームスポット断面積  $\times$  パルス幅) により求められる。また、連続波の場合、レーザ光の強度はレーザ光の集光点の電界強度 ( $W/cm^2$ ) で決まる。

このような多光子吸収を利用する本実施形態に係るレーザ加工の原理について、図1～図6を参照して説明する。図1はレーザ加工中の基板1の平面図であり、図2は図1に示す基板1のII-II線に沿った断面図であり、図3はレーザ加工後の基板1の平面図であり、図4は図3に示す基板1のIV-IV線に沿った断面図であり、図5は図3に示す基板1のV-V線に沿った断面図であり、図6は切断された基板1の平面図である。

図1及び図2に示すように、基板1の表面3には、基板1を切断すべき所望の切断予定ライン5がある。切断予定ライン5は直線状に延びた仮想線である(基板1に実際に線を引いて切断予定ライン5としてもよい)。本実施形態に係るレーザ加工は、多光子吸収が生じる条件で基板1の内部に集光点Pを合わせてレーザ光Lを基板1に照射して改質領域7を形成する。なお、集光点とはレーザ光Lが集光した箇所のことである。

レーザ光Lを切断予定ライン5に沿って(すなわち矢印A方向に沿って)相対的に移動させることにより、集光点Pを切断予定ライン5に沿って移動させる。これにより、図3～図5に示すように改質領域7が切断予定ライン5に沿って基板1の内部にのみ形成され、この改質領域7でもって切断起点領域(切断予定部)8が形成される。本実施形態に係るレーザ加工方法は、基板1がレーザ光Lを吸収することにより基板1を発熱させて改質領域7を形成するのではない。基板

1にレーザ光Lを透過させ基板1の内部に多光子吸収を発生させて改質領域7を形成している。よって、基板1の表面3ではレーザ光Lがほとんど吸収されない  
ので、基板1の表面3が溶融することはない。

5 基板1の切断において、切断する箇所には起点があると基板1はその起点から割れるので、図6に示すように比較的小さな力で基板1を切断することができる。  
よって、基板1の表面3に不必要な割れを発生させることなく基板1の切断が可能となる。

なお、切断起点領域を起点とした基板の切断には、次の2通りが考えられる。  
1つは、切断起点領域形成後、基板に人為的な力が印加されることにより、切断  
10 起点領域を起点として基板が割れ、基板が切断される場合である。これは、例えば基板の厚さが大きい場合の切断である。人為的な力が印加されるとは、例えば、基板の切断起点領域に沿って基板に曲げ応力やせん断応力を加えたり、基板に温度差を与えることにより熱応力を発生させたりすることである。他の1つは、  
15 切断起点領域を形成することにより、切断起点領域を起点として基板の断面方向（厚さ方向）に向かって自然に割れ、結果的に基板が切断される場合である。これは、例えば基板の厚さが小さい場合には、1列の改質領域により切断起点領域が形成されることで可能となり、基板の厚さが大きい場合には、厚さ方向に複数列形成された改質領域により切断起点領域が形成されることで可能となる。なお、この自然に割れる場合も、切断する箇所において、切断起点領域が形成されて  
20 いない部位に対応する部分の表面上にまで割れが先走ることがなく、切断起点領域を形成した部位に対応する部分のみを割断することができるので、割断を制御よくすることができる。近年、シリコンウェハ等の基板の厚さは薄くなる傾向にあるので、このような制御性のよい割断方法は大変有効である。

さて、本実施形態において多光子吸収により形成される改質領域としては、次の  
25 の(1)～(3)がある。

(1) 改質領域が1つ又は複数のクラックを含むクラック領域の場合

基板（例えばガラスやLiTaO<sub>3</sub>からなる圧電材料）の内部に集光点を合わせて、集光点における電界強度が $1 \times 10^8$  (W/cm<sup>2</sup>)以上で且つパルス幅が1 μs以下の条件でレーザー光を照射する。このパルス幅の大きさは、多光子吸収を生じさせつつ基板の表面に余計なダメージを与えずに、基板の内部にのみクラック領域を形成できる条件である。これにより、基板の内部には多光子吸収による光学的損傷という現象が発生する。この光学的損傷により基板の内部に熱ひずみが誘起され、これにより基板の内部にクラック領域が形成される。電界強度の上限値としては、例えば $1 \times 10^{12}$  (W/cm<sup>2</sup>)である。パルス幅は例えば1 ns ~ 200 nsが好ましい。なお、多光子吸収によるクラック領域の形成は、例えば、第45回レーザー熱加工研究会論文集（1998年、12月）の第23頁 ~ 第28頁の「固体レーザー高調波によるガラス基板の内部マーキング」に記載されている。

本発明者は、電界強度とクラックの大きさとの関係を実験により求めた。実験条件は下記の通りである。

15 (A) 基板：パイレックス（登録商標）ガラス（厚さ700 μm）

(B) レーザ

光源：半導体レーザー励起Nd：YAGレーザー

波長：1064 nm

レーザー光スポット断面積： $3.14 \times 10^{-8}$  cm<sup>2</sup>

20 発振形態：Qスイッチパルス

繰り返し周波数：100 kHz

パルス幅：30 ns

出力：出力<1 mJ / パルス

レーザー光品質：TEM<sub>00</sub>

25 偏光特性：直線偏光

(C) 集光用レンズ

レーザ光波長に対する透過率：60パーセント

(D) 基板が載置される載置台の移動速度：100mm/秒

なお、レーザ光品質がTEM<sub>00</sub>とは、集光性が高くレーザ光の波長程度まで集光可能を意味する。

5 図7は上記実験の結果を示すグラフである。横軸はピークパワー密度であり、レーザ光がパルスレーザ光なので電界強度はピークパワー密度で表される。縦軸は1パルスのレーザ光により基板の内部に形成されたクラック部分（クラックスポット）の大きさを示している。クラックスポットが集まりクラック領域となる。クラックスポットの大きさは、クラックスポットの形状のうち最大の長さとなる部分の大きさである。グラフ中の黒丸で示すデータは集光用レンズ（C）の倍率が100倍、開口数（NA）が0.80の場合である。一方、グラフ中の白丸で示すデータは集光用レンズ（C）の倍率が50倍、開口数（NA）が0.55の場合である。ピークパワー密度が $10^{11}$  (W/cm<sup>2</sup>)程度から基板の内部にクラックスポットが発生し、ピークパワー密度が大きくなるに従いクラックスポットも大きくなることが分かる。

10

15

次に、本実施形態に係るレーザ加工において、クラック領域形成による基板の切断のメカニズムについて図8～図11を用いて説明する。図8に示すように、多光子吸収が生じる条件で基板1の内部に集光点Pを合わせてレーザ光Lを基板1に照射して切断予定ラインに沿って内部にクラック領域9を形成する。クラック領域9は1つ又は複数のクラックを含む領域である。このクラック領域9でもって切断起点領域が形成される。図9に示すようにクラック領域9を起点として（すなわち、切断起点領域を起点として）クラックがさらに成長し、図10に示すようにクラックが基板1の表面3と裏面21に到達し、図11に示すように基板1が割れることにより基板1が切断される。基板の表面と裏面に到達するクラックは自然に成長する場合もあるし、基板に力が印加されることにより成長する場合もある。

20

25

## (2) 改質領域が熔融処理領域の場合

基板（例えばシリコンのような半導体材料）の内部に集光点を合わせて、集光点における電界強度が  $1 \times 10^8$  ( $W/cm^2$ ) 以上で且つパルス幅が  $1 \mu s$  以下の条件でレーザ光を照射する。これにより基板の内部は多光子吸収によって局所的に加熱される。この加熱により基板の内部に熔融処理領域が形成される。熔融処理領域とは一旦熔融後再固化した領域や、まさに熔融状態の領域や、熔融状態から再固化する状態の領域であり、相変化した領域や結晶構造が変化した領域ということもできる。また、熔融処理領域とは単結晶構造、非晶質構造、多結晶構造において、ある構造が別の構造に変化した領域ということもできる。つまり、例えば、単結晶構造から非晶質構造に変化した領域、単結晶構造から多結晶構造に変化した領域、単結晶構造から非晶質構造及び多結晶構造を含む構造に変化した領域を意味する。基板がシリコン単結晶構造の場合、熔融処理領域は例えば非晶質シリコン構造である。電界強度の上限値としては、例えば  $1 \times 10^{12}$  ( $W/cm^2$ ) である。パルス幅は例えば  $1 ns \sim 200 ns$  が好ましい。

本発明者は、シリコンウェハの内部で熔融処理領域が形成されることを実験により確認した。実験条件は次の通りである。

(A) 基板：シリコンウェハ（厚さ  $350 \mu m$ 、外径 4 インチ）

(B) レーザ

光源：半導体レーザ励起 Nd : YAG レーザ

波長：  $1064 nm$

レーザ光スポット断面積：  $3.14 \times 10^{-8} cm^2$

発振形態：Qスイッチパルス

繰り返し周波数：  $100 kHz$

パルス幅：  $30 ns$

出力：  $20 \mu J$  / パルス

レーザ光品質：TEM<sub>00</sub>

偏光特性：直線偏光

(C) 集光用レンズ

倍率：50倍

N. A. : 0.55

5 レーザ光波長に対する透過率：60パーセント

(D) 基板が載置される載置台の移動速度：100mm/秒

図12は、上記条件でのレーザ加工により切断されたシリコンウェハの一部における断面の写真を表した図である。シリコンウェハ11の内部に熔融処理領域13が形成されている。なお、上記条件により形成された熔融処理領域13の厚さ方向の大きさは100 $\mu$ m程度である。

10

熔融処理領域13が多光子吸収により形成されたことを説明する。図13は、レーザ光の波長とシリコン基板の内部の透過率との関係を示すグラフである。ただし、シリコン基板の表面側と裏面側それぞれの反射成分を除去し、内部のみの透過率を示している。シリコン基板の厚さ $t$ が50 $\mu$ m、100 $\mu$ m、200 $\mu$ m、500 $\mu$ m、1000 $\mu$ mの各々について上記関係を示した。

15

例えば、Nd:YAGレーザの波長である1064nmにおいて、シリコン基板の厚さが500 $\mu$ m以下の場合、シリコン基板の内部ではレーザ光が80%以上透過することが分かる。図12に示すシリコンウェハ11の厚さは350 $\mu$ mであるので、多光子吸収による熔融処理領域13はシリコンウェハの中心付近、つまり表面から175 $\mu$ mの部分に形成される。この場合の透過率は、厚さ200 $\mu$ mのシリコンウェハを参考にすると、90%以上なので、レーザ光がシリコンウェハ11の内部で吸収されるのは僅かであり、ほとんどが透過する。このことは、シリコンウェハ11の内部でレーザ光が吸収されて、熔融処理領域13がシリコンウェハ11の内部に形成（つまりレーザ光による通常の加熱で熔融処理領域が形成）されたものではなく、熔融処理領域13が多光子吸収により形成されたことを意味する。多光子吸収による熔融処理領域の形成は、例えば、溶接学

20

25

会全国大会講演概要第66集(2000年4月)の第72頁～第73頁の「ピコ秒パルスレーザによるシリコンの加工特性評価」に記載されている。

5 なお、シリコンウェハは、熔融処理領域でもって形成される切断起点領域を起点として断面方向に向かって割れを発生させ、その割れがシリコンウェハの表面と裏面とに到達することにより、結果的に切断される。シリコンウェハの表面と裏面に到達するこの割れは自然に成長する場合もあるし、シリコンウェハに力が印加されることにより成長する場合もある。なお、切断起点領域からシリコンウェハの表面と裏面とに割れが自然に成長する場合には、切断起点領域を形成する  
10 熔融処理領域が熔融している状態から割れが成長する場合と、切断起点領域を形成する熔融処理領域が熔融している状態から再固化する際に割れが成長する場合とのいずれもある。ただし、どちらの場合も熔融処理領域はシリコンウェハの内部のみに形成され、切断後の切断面には、図12のように内部にのみ熔融処理領域が形成されている。基板の内部に熔融処理領域でもって切断起点領域を形成すると、  
15 切断時、切断起点領域ラインから外れた不必要な割れが生じにくいので、切断制御が容易となる。

### (3) 改質領域が屈折率変化領域の場合

基板(例えばガラス)の内部に集光点を合わせて、集光点における電界強度が  $1 \times 10^8$  ( $W/cm^2$ ) 以上で且つパルス幅が  $1 ns$  以下の条件でレーザ光を照射する。パルス幅を極めて短くして、多光子吸収を基板の内部に起こさせると、  
20 多光子吸収によるエネルギーが熱エネルギーに転化せずに、基板の内部にはイオン価数変化、結晶化又は分極配向等の永続的な構造変化が誘起されて屈折率変化領域が形成される。電界強度の上限値としては、例えば  $1 \times 10^{12}$  ( $W/cm^2$ ) である。パルス幅は例えば  $1 ns$  以下が好ましく、 $1 ps$  以下がさらに好ましい。多光子吸収による屈折率変化領域の形成は、例えば、第42回レーザ熱加工  
25 研究会論文集(1997年、11月)の第105頁～第111頁の「フェムト秒レーザ照射によるガラス内部への光誘起構造形成」に記載されている。

以上、多光子吸収により形成される改質領域として(1)～(3)の場合を説明したが、基板の結晶構造やその劈開性を考慮して切断起点領域を次のように形成すれば、その切断起点領域を起点として、より一層小さな力で、しかも精度良く基板を切断することが可能になる。

- 5 すなわち、シリコンなどのダイヤモンド構造の単結晶半導体からなる基板の場合は、(111)面(第1劈開面)や(110)面(第2劈開面)に沿った方向に切断起点領域を形成するのが好ましい。また、GaAsなどの閃亜鉛鉱型構造のIII-V族化合物半導体からなる基板の場合は、(110)面に沿った方向に切断起点領域を形成するのが好ましい。さらに、サファイア( $Al_2O_3$ )などの六
- 10 方晶系の結晶構造を有する基板の場合は、(0001)面(C面)を主面として(1120)面(A面)或いは(1100)面(M面)に沿った方向に切断起点領域を形成するのが好ましい。

- なお、上述した切断起点領域を形成すべき方向(例えば、単結晶シリコン基板における(111)面に沿った方向)、或いは切断起点領域を形成すべき方向に
- 15 直交する方向に沿って基板にオリエンテーションフラットを形成すれば、そのオリエンテーションフラットを基準とすることで、切断起点領域を形成すべき方向に沿った切断起点領域を容易且つ正確に基板に形成することが可能になる。

以下、実施例により、本発明についてより具体的に説明する。

#### [実施例1]

- 20 本発明に係る基板の分割方法の実施例1について説明する。実施例1では、基板1をシリコンウェハ(厚さ350 $\mu$ m、外径4インチ)とし(以下、実施例1では「基板1」を「半導体基板1」という)、デバイス製作プロセスにおいて半導体基板1の表面3に複数の機能素子がマトリックス状に形成されたものを対象とする。

- 25 まず、半導体基板1の内部に切断起点領域を形成する工程について説明するが、その説明に先立って、切断起点領域を形成する工程において使用されるレーザ



加工装置について、図14を参照して説明する。図14はレーザ加工装置100の概略構成図である。

レーザ加工装置100は、レーザ光Lを発生するレーザ光源101と、レーザ光Lの出力やパルス幅等を調節するためにレーザ光源101を制御するレーザ光源制御部102と、レーザ光Lの反射機能を有しかつレーザ光Lの光軸の向きを90°変えるように配置されたダイクロイックミラー103と、ダイクロイックミラー103で反射されたレーザ光Lを集光する集光用レンズ105と、集光用レンズ105で集光されたレーザ光Lが照射される半導体基板1が載置される載置台107と、載置台107をX軸方向に移動させるためのX軸ステージ109と、載置台107をX軸方向に直交するY軸方向に移動させるためのY軸ステージ111と、載置台107をX軸及びY軸方向に直交するZ軸方向に移動させるためのZ軸ステージ113と、これら3つのステージ109, 111, 113の移動を制御するステージ制御部115とを備える。

Z軸方向は半導体基板1の表面3と直交する方向なので、半導体基板1に入射するレーザ光Lの焦点深度の方向となる。よって、Z軸ステージ113をZ軸方向に移動させることにより、半導体基板1の内部にレーザ光Lの集光点Pを合わせることができる。また、この集光点PのX(Y)軸方向の移動は、半導体基板1をX(Y)軸ステージ109(111)によりX(Y)軸方向に移動させることにより行う。

レーザ光源101はパルスレーザ光を発生するNd:YAGレーザである。レーザ光源101に用いることができるレーザとして、この他、Nd:YVO<sub>4</sub>レーザ、Nd:YLFレーザやチタンサファイアレーザがある。熔融処理領域を形成する場合には、Nd:YAGレーザ、Nd:YVO<sub>4</sub>レーザ、Nd:YLFレーザを用いるのが好適である。実施例1では、半導体基板1の加工にパルスレーザ光を用いているが、多光子吸収を起こさせることができるなら連続波レーザ光でもよい。

レーザ加工装置 100 はさらに、載置台 107 に載置された半導体基板 1 を可視光線により照明するために可視光線を発生する観察用光源 117 と、ダイクロイックミラー 103 及び集光用レンズ 105 と同じ光軸上に配置された可視光用のビームスプリッタ 119 とを備える。ビームスプリッタ 119 と集光用レンズ 105 との間にダイクロイックミラー 103 が配置されている。ビームスプリッタ 119 は、可視光線の約半分を反射し残りの半分を透過する機能を有しかつ可視光線の光軸の向きを  $90^\circ$  変えるように配置されている。観察用光源 117 から発生した可視光線はビームスプリッタ 119 で約半分が反射され、この反射された可視光線がダイクロイックミラー 103 及び集光用レンズ 105 を透過し、半導体基板 1 の切断予定ライン 5 等を含む表面 3 を照明する。

レーザ加工装置 100 はさらに、ビームスプリッタ 119、ダイクロイックミラー 103 及び集光用レンズ 105 と同じ光軸上に配置された撮像素子 121 及び結像レンズ 123 を備える。撮像素子 121 としては例えば CCD カメラがある。切断予定ライン 5 等を含む表面 3 を照明した可視光線の反射光は、集光用レンズ 105、ダイクロイックミラー 103、ビームスプリッタ 119 を透過し、結像レンズ 123 で結像されて撮像素子 121 で撮像され、撮像データとなる。

レーザ加工装置 100 はさらに、撮像素子 121 から出力された撮像データが入力される撮像データ処理部 125 と、レーザ加工装置 100 全体を制御する全体制御部 127 と、モニタ 129 とを備える。撮像データ処理部 125 は、撮像データを基にして観察用光源 117 で発生した可視光の焦点を表面 3 上に合わせるための焦点データを演算する。この焦点データを基にしてステージ制御部 115 が Z 軸ステージ 113 を移動制御することにより、可視光の焦点が表面 3 に合うようにする。よって、撮像データ処理部 125 はオートフォーカスユニットとして機能する。また、撮像データ処理部 125 は、撮像データを基にして表面 3 の拡大画像等の画像データを演算する。この画像データは全体制御部 127 に送られ、全体制御部で各種処理がなされ、モニタ 129 に送られる。これにより、

モニタ 1 2 9 に拡大画像等が表示される。

5 全体制御部 1 2 7 には、ステージ制御部 1 1 5 からのデータ、撮像データ処理部 1 2 5 からの画像データ等が入力し、これらのデータも基にしてレーザ光源制御部 1 0 2、観察用光源 1 1 7 及びステージ制御部 1 1 5 を制御することにより、レーザ加工装置 1 0 0 全体を制御する。よって、全体制御部 1 2 7 はコンピュータユニットとして機能する。

続いて、上述したレーザ加工装置 1 0 0 を使用した場合の切断起点領域を形成する工程について、図 1 4 及び図 1 5 を参照して説明する。図 1 5 は、切断起点領域を形成する工程を説明するためのフローチャートである。

10 半導体基板 1 の光吸収特性を図示しない分光光度計等により測定する。この測定結果に基づいて、半導体基板 1 に対して透明な波長又は吸収の少ない波長のレーザ光 L を発生するレーザ光源 1 0 1 を選定する (S 1 0 1)。続いて、半導体基板 1 の厚さを測定する。厚さの測定結果及び半導体基板 1 の屈折率を基にして、半導体基板 1 の Z 軸方向の移動量を決定する (S 1 0 3)。これは、レーザ光 L の  
15 集光点 P を半導体基板 1 の内部に位置させるために、半導体基板 1 の表面 3 に位置するレーザ光 L の集光点 P を基準とした半導体基板 1 の Z 軸方向の移動量である。この移動量は全体制御部 1 2 7 に入力される。

半導体基板 1 をレーザ加工装置 1 0 0 の載置台 1 0 7 に載置する。そして、観察用光源 1 1 7 から可視光を発生させて半導体基板 1 を照明する (S 1 0 5)。照  
20 明された切断予定ライン 5 を含む半導体基板 1 の表面 3 を撮像素子 1 2 1 により撮像する。切断予定ライン 5 は、半導体基板 1 を切断すべき所望の仮想線である。ここでは、半導体基板 1 をその表面 3 に形成された機能素子毎に分割して半導体チップを得るため、切断予定ライン 5 は、隣り合う機能素子間を走るよう格子状に設定される。撮像素子 1 2 1 により撮像された撮像データは撮像データ処理部 1 2 5 に送られる。この撮像データに基づいて撮像データ処理部 1 2 5 は観察  
25 用光源 1 1 7 の可視光の焦点が表面 3 に位置するような焦点データを演算する (

S 1 0 7)。

この焦点データはステージ制御部 1 1 5 に送られる。ステージ制御部 1 1 5 は、この焦点データを基にして Z 軸ステージ 1 1 3 を Z 軸方向の移動させる (S 1 0 9)。これにより、観察用光源 1 1 7 の可視光の焦点が半導体基板 1 の表面 3 に位置する。なお、撮像データ処理部 1 2 5 は撮像データに基づいて、切断予定ライン 5 を含む半導体基板 1 の表面 3 の拡大画像データを演算する。この拡大画像データは全体制御部 1 2 7 を介してモニタ 1 2 9 に送られ、これによりモニタ 1 2 9 に切断予定ライン 5 付近の拡大画像が表示される。

全体制御部 1 2 7 には予めステップ S 1 0 3 で決定された移動量データが入力されており、この移動量データがステージ制御部 1 1 5 に送られる。ステージ制御部 1 1 5 はこの移動量データに基づいて、レーザ光 L の集光点 P が半導体基板 1 の内部となる位置に、Z 軸ステージ 1 1 3 により半導体基板 1 を Z 軸方向に移動させる (S 1 1 1)。

続いて、レーザ光源 1 0 1 からレーザ光 L を発生させて、レーザ光 L を半導体基板 1 の表面 3 の切断予定ライン 5 に照射する。レーザ光 L の集光点 P は半導体基板 1 の内部に位置しているため、熔融処理領域は半導体基板 1 の内部にのみ形成される。そして、切断予定ライン 5 に沿うように X 軸ステージ 1 0 9 や Y 軸ステージ 1 1 1 を移動させて、切断予定ライン 5 に沿うよう形成された熔融処理領域でもって切断予定ライン 5 に沿う切断起点領域を半導体基板 1 の内部に形成する (S 1 1 3)。

以上により切断起点領域を形成する工程が終了し、半導体基板 1 の内部に切断起点領域が形成される。半導体基板 1 の内部に切断起点領域が形成されると、自然に或いは比較的小さな力によって、切断起点領域を起点として半導体基板 1 の厚さ方向に割れが発生する。

実施例 1 では、上述した切断起点領域を形成する工程において、半導体基板 1 の内部の表面 3 側に近い位置に切断起点領域が形成され、この切断起点領域を起

点として半導体基板 1 の厚さ方向に割れが発生している。図 1 6 は切断起点領域形成後の半導体基板 1 を示す図である。図 1 6 に示すように、半導体基板 1 において切断起点領域を起点として発生した割れ 1 5 は、切断予定ラインに沿うよう格子状に形成され、半導体基板 1 の表面 3 にのみ到達し、裏面 2 1 には到達して

5 いない。すなわち、半導体基板 1 に発生した割れ 1 5 は、半導体基板 1 の表面にマトリックス状に形成された複数の機能素子 1 9 を個々に分割している。また、この割れ 1 5 により切断された半導体基板 1 の切断面は互いに密着している。

なお、「半導体基板 1 の内部の表面 3 側に近い位置に切断起点領域が形成される」とは、切断起点領域を構成する熔融処理領域等の改質領域が、半導体基板 1 の厚さ方向における中心位置（厚さの半分の位置）から表面 3 側に偏倚して形成

10 されることを意味する。つまり、半導体基板 1 の厚さ方向における改質領域の幅の中心位置が、半導体基板 1 の厚さ方向における中心位置から表面 3 側に偏倚して位置している場合を意味し、改質領域の全ての部分が半導体基板 1 の厚さ方向における中心位置に対して表面 3 側に位置している場合のみに限る意味ではない

15 。

次に、半導体基板 1 を研磨する工程について、図 1 7 ~ 図 2 1 を参照して説明する。図 1 7 ~ 2 1 は、半導体基板を研磨する工程を含む各工程を説明するための図である。なお、実施例 1 では、半導体基板 1 が厚さ 3 5 0  $\mu\text{m}$  から厚さ 5 0  $\mu\text{m}$  に薄型化される。

図 1 7 に示すように、上記切断起点領域形成後の半導体基板 1 の表面 3 に保護フィルム 2 0 が貼り付けられる。保護フィルム 2 0 は、半導体基板 1 の表面 3 に形成されている機能素子 1 9 を保護すると共に、半導体基板 1 を保持するためのものである。続いて、図 1 8 に示すように、半導体基板 1 の裏面 2 1 が平面研削され、この平面研削後に裏面 2 1 にケミカルエッチングが施されて、半導体基板

20 1 が 5 0  $\mu\text{m}$  に薄型化される。これにより、すなわち半導体基板 1 の裏面 2 1 の研磨により、切断起点領域を起点として発生した割れ 1 5 に裏面 2 1 が達して、

機能素子 19 それぞれを有する半導体チップ 25 に半導体基板 1 が分割される。  
なお、上記ケミカルエッチングとしては、ウェットエッチング (HF・HNO<sub>3</sub>)  
やプラズマエッチング (HBr・Cl<sub>2</sub>) 等が挙げられる。

5       そして、図 19 に示すように、すべての半導体チップ 25 の裏面を覆うよう拡張フィルム 23 が貼り付けられ、その後、図 20 に示すように、すべての半導体チップ 25 の機能素子 19 を覆うよう貼り付けられていた保護フィルム 20 が剥がされる。続いて、図 21 に示すように、拡張フィルム 23 がエキスパンドされて各半導体チップ 25 が互いに離間され、吸着コレット 27 により半導体チップ 25 がピックアップされる。

10       以上説明したように、実施例 1 に係る基板の分割方法によれば、デバイス製作プロセスにおいて機能素子 19 を半導体基板 1 の表面 3 に形成した後に、半導体基板 1 の裏面 21 を研磨することができる。そして、切断起点領域を形成する工程及び半導体基板を研磨する工程のそれぞれが奏する以下の効果により、半導体デバイスの小型化に対応するよう薄型化された半導体チップ 25 を歩留まりよく  
15       得ることが可能となる。

すなわち、切断起点領域を形成する工程によれば、半導体基板 1 を切断すべき所望の切断予定ラインから外れた不必要な割れや溶融が半導体基板 1 の表面 3 に生じるのを防止することができ、半導体基板 1 を分離して得られる半導体チップ 25 に不必要な割れや溶融が生じるのを防止することが可能となる。

20       また、切断起点領域を形成する工程によれば、切断予定ラインに沿う半導体基板 1 の表面 3 は溶融しないため、隣り合う機能素子 19 の間隔を狭くすることができ、1 枚の半導体基板 1 から分離される半導体チップ 25 の数を増加させることが可能となる。

一方、半導体基板を研磨する工程においては、半導体基板 1 の内部に切断起点  
25       領域を形成した後に半導体基板 1 が所定の厚さとなるよう半導体基板 1 の裏面 21 を平面研削するが、このとき、裏面 21 が、切断起点領域を起点として発生し

た割れ15に達しても、この割れ15により切断された半導体基板1の切断面は互いに密着しているため、平面研削による半導体基板1のチップングやクラッキングを防止することができる。したがって、チップングやクラッキングの発生を防止して、半導体基板1を薄型化し且つ半導体基板1を分割することが可能となる。

5

上述した半導体基板1における切断面の密着は、平面研削により生じる研削屑の割れ15内への入り込みを防止し、半導体基板1を分割することで得られる半導体チップ25の研削屑汚染を防止するという効果をも奏する。同じく半導体基板1における切断面の密着は、各半導体チップ25が互いに離間している場合に比べて平面研削による半導体チップ25のチップ飛びを減少させるという効果をも奏する。すなわち、保護フィルム20として保持力を抑えたものを使用することができる。

10

また、半導体基板を研磨する工程においては、半導体基板1の裏面21にケミカルエッチングを施すため、半導体基板1を分割することで得られる半導体チップ25の裏面をより平滑化することができる。さらに、切断起点領域を起点として発生した割れ15による半導体基板1の切断面が互いに密着しているため、図22に示すように、当該切断面の裏面側のエッジ部のみが選択的にエッチングされ面取り29が形成される。したがって、半導体基板1を分割することで得られる半導体チップ25の抗折強度を向上させることができる共に、半導体チップ25におけるチップングやクラッキングの発生を防止することが可能となる。

15

20

なお、半導体基板を研磨する工程後の半導体チップ25と熔融処理領域13との関係としては、図23A～図25Bに示すものがある。各図に示す半導体チップ25には、後述するそれぞれの効果が存在するため、種々様々な目的に応じて使い分けることができる。ここで、図23A、図24A及び図25Aは、半導体基板を研磨する工程前に割れ15が半導体基板1の表面3に達している場合であり、図23B、図24B及び図25Bは、半導体基板を研磨する工程前に割れ1

25

5が半導体基板1の表面3に達していない場合である。図23B、図24B及び図25Bの場合にも、半導体基板を研磨する工程後には、割れ15が半導体基板15の表面3に達する。

5 図23A及び図23Bに示すように、熔融処理領域13が切断面内に残存する半導体チップ25は、その切断面が熔融処理領域13により保護されることとなり、半導体チップ25の抗折強度が向上する。

図24A及び図24Bに示すように、熔融処理領域13が切断面内に残存しない半導体チップ25は、熔融処理領域13が半導体デバイスに好影響を与えないような場合に有効である。

10 図25A及び図25Bに示すように、熔融処理領域13が切断面の裏面側のエッジ部に残存する半導体チップ25は、当該エッジ部が熔融処理領域13により保護されることとなり、半導体チップ25のエッジ部を面取りした場合と同様に、エッジ部におけるチッピングやクラッキングの発生を防止することができる。

15 また、図23A、図24A及び図25Aに示すように、半導体基板を研磨する工程前に割れ15が半導体基板1の表面3に達している場合に比べ、図23B、図24B及び図25Bに示すように半導体基板を研磨する工程前に割れ15が半導体基板1の表面3に達していない場合の方が、半導体基板を研磨する工程後に得られる半導体チップ25の切断面の直進性がより向上する。

20 ところで、半導体基板を研磨する工程前に割れ15が半導体基板1の表面3に到達するか否かは、熔融処理領域13の表面3からの深さに関するのは勿論であるが、熔融処理領域13の大きさにも関係する。すなわち、熔融処理領域13の大きさを小さくすれば、熔融処理領域13の表面3からの深さが浅い場合でも、割れ15は半導体基板1の表面3に到達しない。熔融処理領域13の大きさは、  
25 例えば切断起点領域を形成する工程におけるパルスレーザー光の出力により制御することができ、パルスレーザー光の出力を上げれば大きくなり、パルスレーザー光の出力を下げれば小さくなる。



また、半導体基板を研磨する工程において薄型化される半導体基板 1 の所定の厚さを考慮して、予め（例えば切断起点領域を形成する工程前に）、少なくとも当該所定の厚さの分だけ半導体基板 1 の周縁部（外周部）に、面取り加工により丸みをつけておくことが好ましい。図 2 6 A 及び図 2 6 B は、実施例 1 に係る半導体基板を研磨する工程の前後における半導体基板 1 の周縁部の断面図である。半導体基板を研磨する工程前における図 2 6 A に示す半導体基板 1 の厚さは 350  $\mu\text{m}$  であり、半導体基板を研磨する工程後における図 2 6 B に示す半導体基板 1 の厚さは 50  $\mu\text{m}$  である。図 2 6 A に示すように、半導体基板 1 の周縁部には、予め、厚さ 50  $\mu\text{m}$  毎に面取りによる丸みが複数（ここでは 7 つ）形成され、すなわち、半導体基板 1 の周縁部の断面形状は波型に形成される。これにより、図 2 6 B に示すように、半導体基板 1 を研磨する工程後の半導体基板 1 の周縁部は、面取りにより丸みをつけた状態となるため、当該周縁部におけるチップングやクラッキングの発生を防止することができ、ひいては、機械的な強度の向上によってハンドリングを容易とすることができる。

#### [実施例 2]

本発明に係る基板の分割方法の実施例 2 について、図 2 7 ~ 図 3 5 を参照して説明する。実施例 2 は、基板 1 を絶縁基板であるサファイア基板（厚さ 450  $\mu\text{m}$ 、外径 2 インチ）とし（以下、実施例 2 では「基板 1」を「サファイア基板 1」という）、発光ダイオードとなる半導体チップを得る場合である。なお、図 2 8 ~ 図 3 5 は、図 2 7 に示すサファイア基板 1 の XX-XX に沿った断面図である。

まず、図 2 8 に示すように、サファイア基板 1 の内部に集光点 P を合わせてレーザ光 L を照射し、サファイア基板 1 の内部に改質領域 7 を形成する。このサファイア基板 1 の表面 3 上には、後の工程において複数の機能素子 1 9 をマトリックス状に形成し、この機能素子 1 9 毎にサファイア基板 1 の分割を行う。そのため、各機能素子 1 9 のサイズに合わせて表面 3 側から見て格子状に切断予定ライ

ンを設定し、この切断予定ラインに沿って改質領域7を形成して、この改質領域7を切断起点領域とする。

5 なお、集光点Pにおけるピークパワー密度が $1 \times 10^8$  ( $W/cm^2$ ) 以上で且つパルス幅が $1 \mu s$ 以下の条件でサファイア基板1にレーザー光を照射すると、改質領域7としてクツラク領域が形成される（溶融処理領域が形成される場合もある）。また、サファイア基板1の(0001)面を表面3として、(1120)面に沿った方向と当該方向に直交する方向とに改質領域7を形成すれば、後の工程において、この改質領域7による切断起点領域を起点として、より一層小さな力  
10 で、しかも精度良く基板を切断することが可能になる。このことは、(1100)面に沿った方向と当該方向に直交する方向とに改質領域7を形成しても同様である。

改質領域7による切断起点領域の形成後、図29に示すように、サファイア基板1の表面3上に、n型窒化ガリウム系化合物半導体層（以下「n型層」という）31を厚さ $6 \mu m$ となるまで結晶成長させ、さらに、n型層31上にp型窒化ガリウム系化合物半導体層（以下「p型層」という）32を厚さ $1 \mu m$ となるまで結晶成長させる。そして、格子状に形成された改質領域7に沿ってn型層31及びp型層32をn型層31の途中までエッチングすることで、n型層31及びp型層32からなる複数の機能素子19をマトリックス状に形成する。

20 なお、サファイア基板1の表面3上にn型層31及びp型層32を形成した後に、サファイア基板1の内部に集光点Pを合わせてレーザー光Lを照射し、サファイア基板1の内部に改質領域7を形成してもよい。また、レーザー光Lの照射は、サファイア基板1の表面3側から行ってもよいし、裏面21側から行ってもよい。n型層31及びp型層32の形成後に表面3側からレーザー光Lの照射を行う場合にも、レーザー光Lはサファイア基板1、n型層31及びp型層32に対して光  
25 透過性を有するため、n型層31及びp型層32が溶融するのを防止することができる。

n型層 3 1 及び p 型層 3 2 からなる機能素子 1 9 の形成後、図 3 0 に示すように、サファイア基板 1 の表面 3 側に保護フィルム 2 0 を貼り付ける。保護フィルム 2 0 は、サファイア基板 1 の表面 3 に形成された機能素子 1 9 を保護すると共に、サファイア基板 1 を保持するためのものである。続いて、図 3 1 に示すように、サファイア基板 1 の裏面 2 1 を平面研削して、サファイア基板 1 を厚さ 1 5 0  $\mu\text{m}$  となるまで薄型化する。このサファイア基板 1 の裏面 2 1 の研磨により、改質領域 7 による切断起点領域を起点として割れ 1 5 が発生し、この割れ 1 5 がサファイア基板 1 の表面 3 と裏面 2 1 とに達して、n 型層 3 1 及び p 型層 3 2 からなる機能素子 1 9 それぞれを有する半導体チップ 2 5 にサファイア基板 1 が分割される。

そして、図 3 2 に示すように、すべての半導体チップ 2 5 の裏面を覆うよう、拡張可能な拡張フィルム 2 3 を貼り付けた後、図 3 3 に示すように、保護フィルム 2 0 に紫外線を照射することで、保護フィルム 2 0 の粘着層である UV 硬化樹脂を硬化させて、図 3 4 に示すように保護フィルム 2 0 を剥がす。続いて、図 3 5 に示すように、拡張フィルム 2 3 を外方側にエキスパンドして各半導体チップ 2 5 を互いに分離し、吸着コレット等により半導体チップ 2 5 をピックアップする。この後、半導体チップ 2 5 の n 型層 3 1 及び p 型層 3 2 に電極を取り付けて発光ダイオードを作製する。

以上説明したように、実施例 2 に係る基板の分割方法によれば、切断起点領域を形成する工程においては、サファイア基板 1 の内部に集光点 P を合わせてレーザー光 L を照射し、サファイア基板 1 の内部に多光子吸収という現象を発生させて改質領域 7 を形成するため、この改質領域 7 でもって、サファイア基板 1 を切断すべき所望の切断予定ラインに沿うようサファイア基板 1 の内部に切断起点領域を形成することができる。サファイア基板 1 の内部に切断起点領域が形成されると、自然に或いは比較的小さな力によって、切断起点領域を起点としてサファイア基板 1 の厚さ方向に割れ 1 5 が発生する。

そして、サファイア基板 1 を研磨する工程においては、サファイア基板 1 の内部に切断起点領域を形成した後に、サファイア基板 1 が所定の厚さとなるようサファイア基板 1 を研磨するが、このとき、研磨面が、切断起点領域を起点として発生した割れ 1 5 に達しても、この割れ 1 5 により切断されたサファイア基板 1 の切断面は互いに密着した状態であるため、研磨によるサファイア基板 1 のチッピングやクラッキングを防止することができる。

したがって、チッピングやクラッキングの発生を防止して、サファイア基板 1 を薄型化し且つサファイア基板 1 を分割することができ、サファイア基板 1 が薄型化された半導体チップ 2 5 を歩留まりよく得ることが可能となる。

10 なお、サファイア基板 1 に換えて A l N 基板や G a A s 基板を用いた場合の基板の分割においても、上記同様の効果を奏する。

#### 産業上の利用可能性

以上説明したように、本発明によれば、チッピングやクラッキングの発生を防止して、基板を薄型化し且つ基板を分割することが可能になる。

15

## 請求の範囲

1. 基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射し、前記基板の内部に多光子吸収による改質領域を形成し、この改質領域によって、前記基板の切断予定ラインに沿って前記基板のレーザ光入射面から所定距離内側に切断起点領域を形成する工程と、
- 5 前記切断起点領域を形成する工程後、前記基板が所定の厚さとなるよう前記基板を研磨する工程と、
- 前記切断起点領域を形成する工程後、前記基板が所定の厚さとなるよう前記基板を研磨する工程と、
- を備えることを特徴とする基板の分割方法。
2. 前記基板は半導体基板であることを特徴とする請求の範囲第1項記載の基板の分割方法。
- 10 前記改質領域は、熔融処理した領域であることを特徴とする請求の範囲第2項記載の基板の分割方法。
3. 前記改質領域は、熔融処理した領域であることを特徴とする請求の範囲第2項記載の基板の分割方法。
4. 前記基板は絶縁基板であることを特徴とする請求の範囲第1項記載の基板の分割方法。
- 15 5. 前記基板の表面には機能素子が形成されており、
- 前記基板を研磨する工程では前記基板の裏面を研磨する、
- ことを特徴とする請求の範囲第1項～第4項のいずれか1項記載の基板の分割方法。
- 20 6. 前記基板を研磨する工程は、前記基板の裏面にケミカルエッチングを施す工程を含むことを特徴とする請求の範囲第5項記載の基板の分割方法。

図1

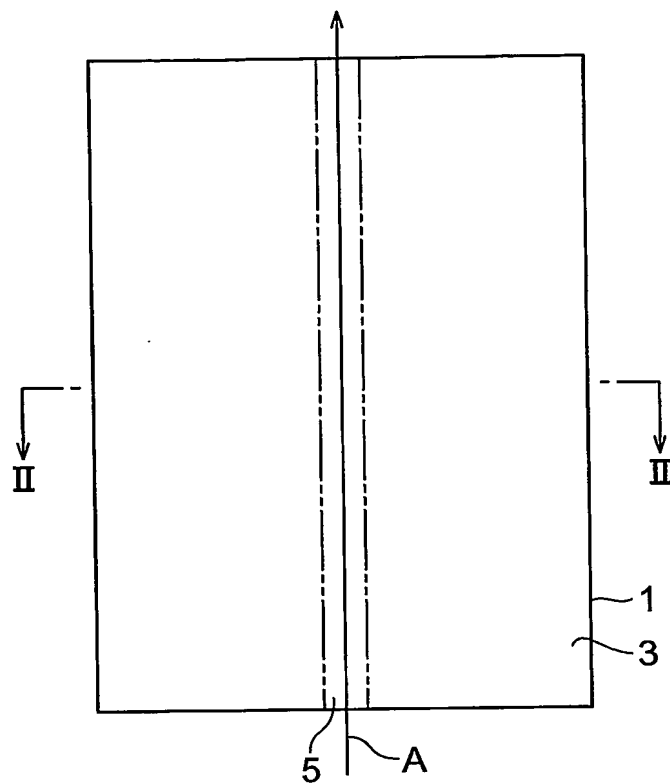


図2

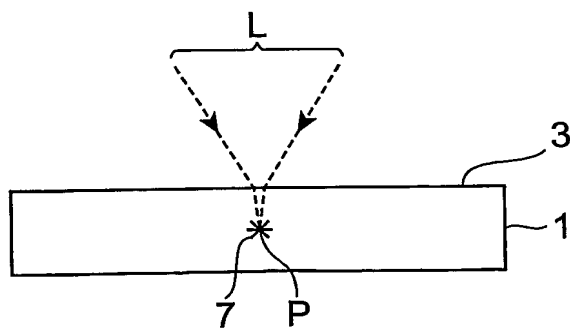


図3

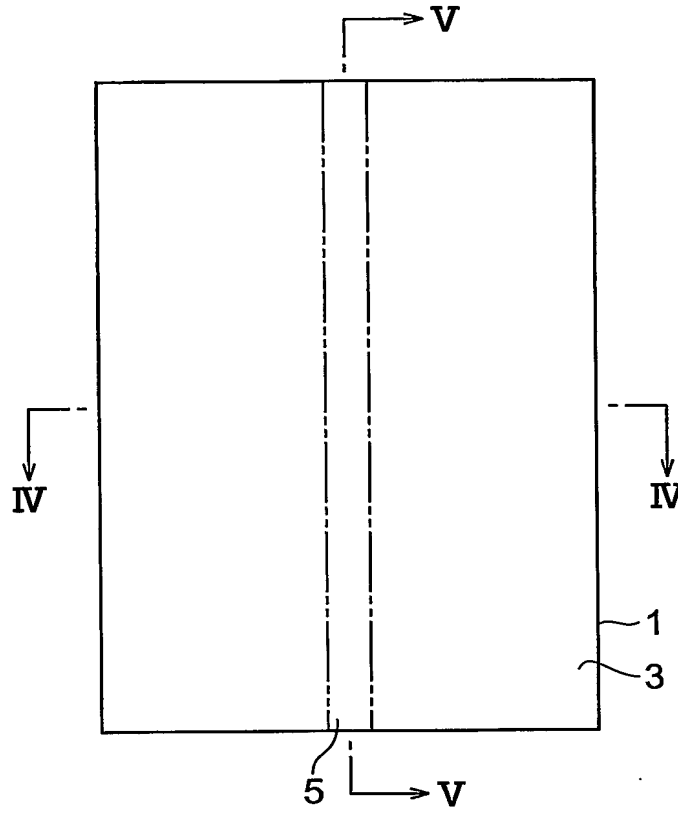


図4

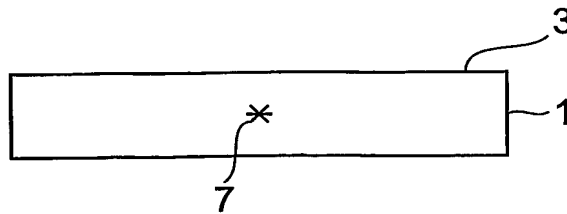


図5

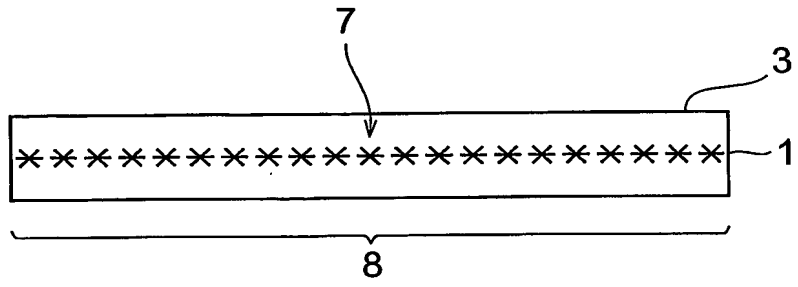
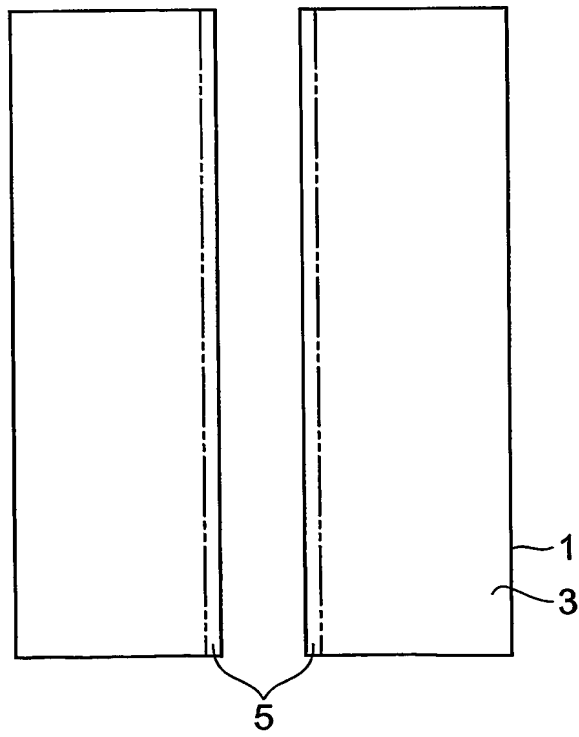


図6





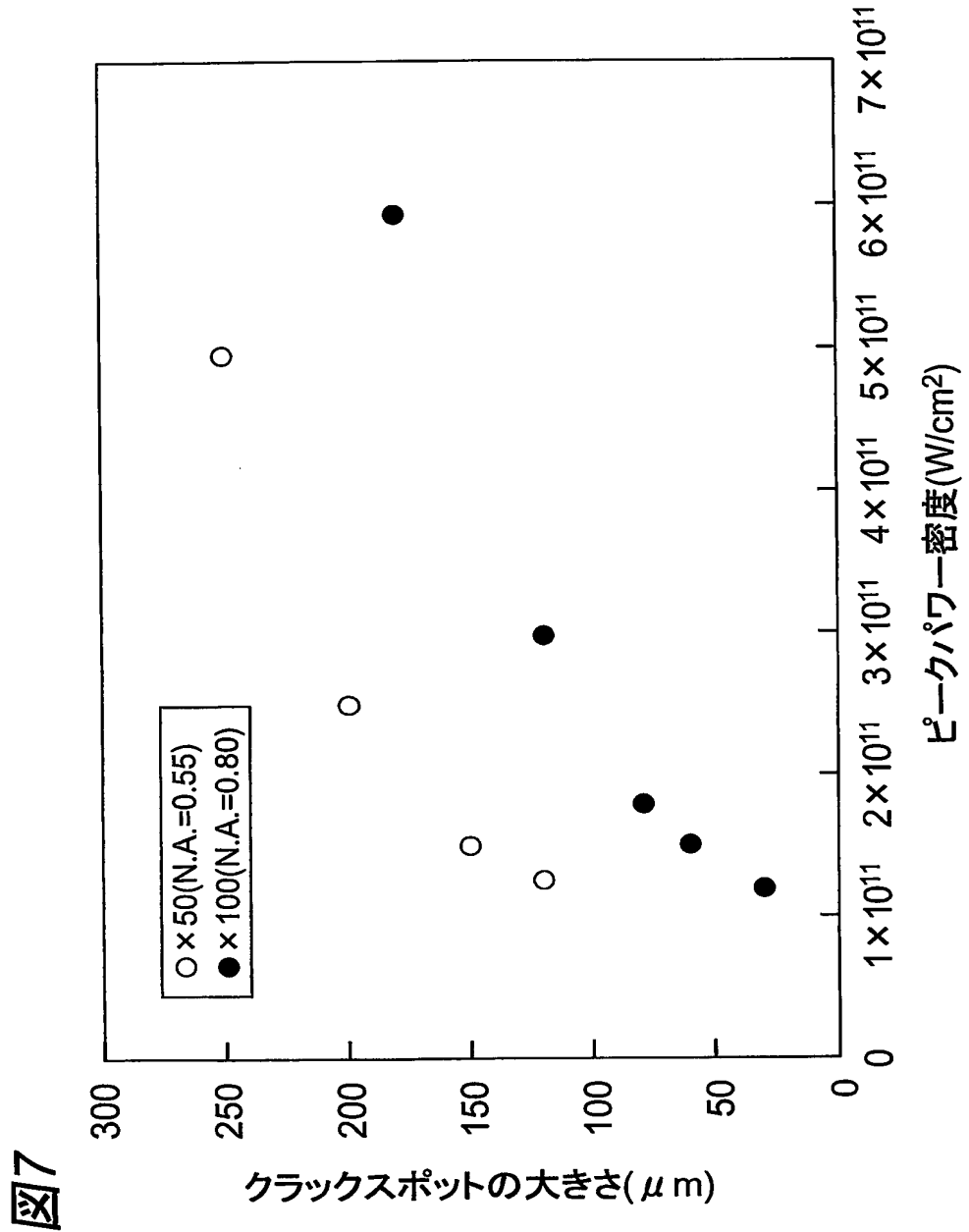


図8

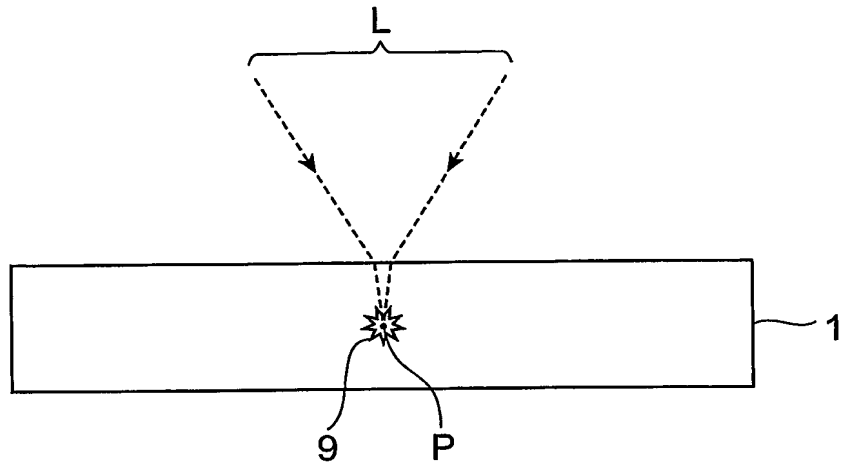


図9

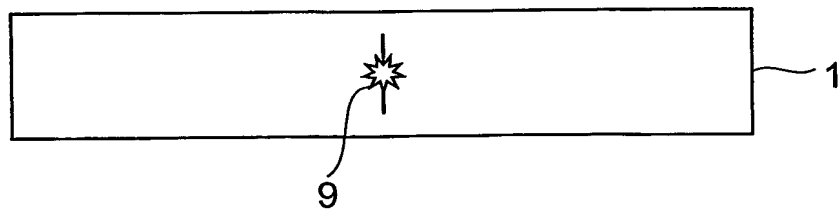


図10

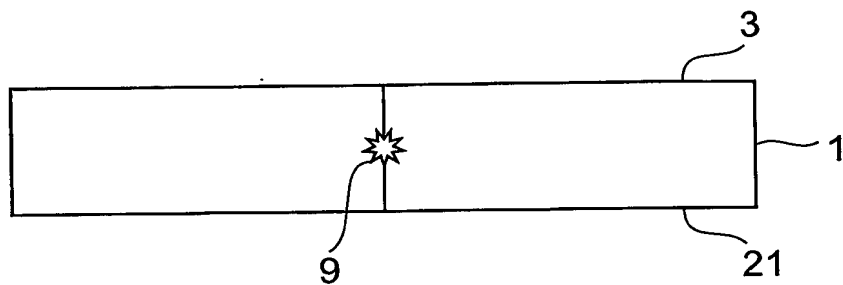
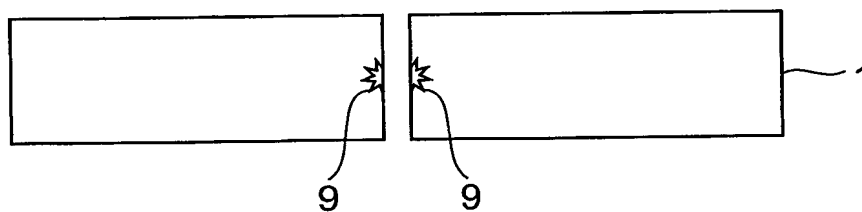


図11



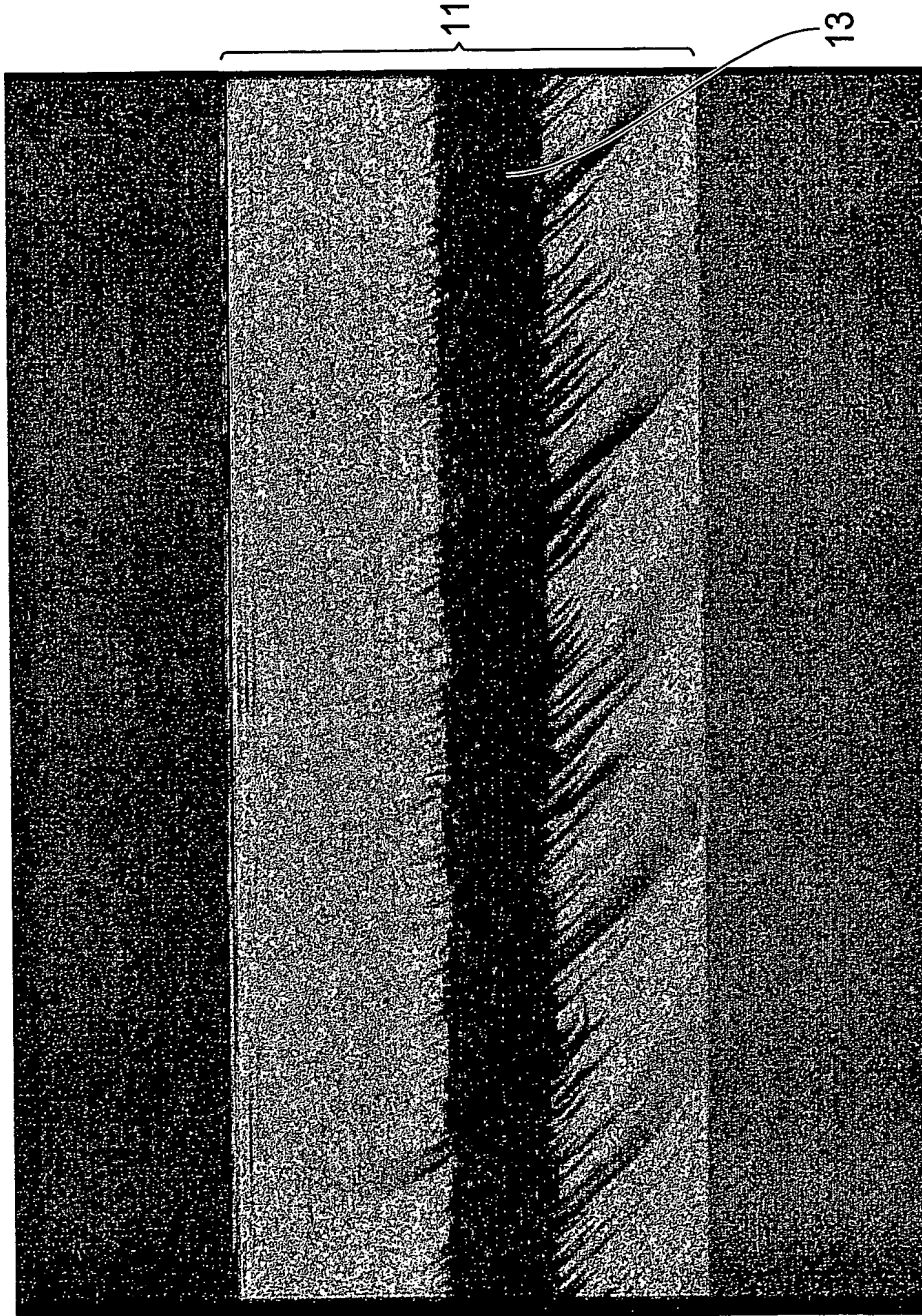


图12

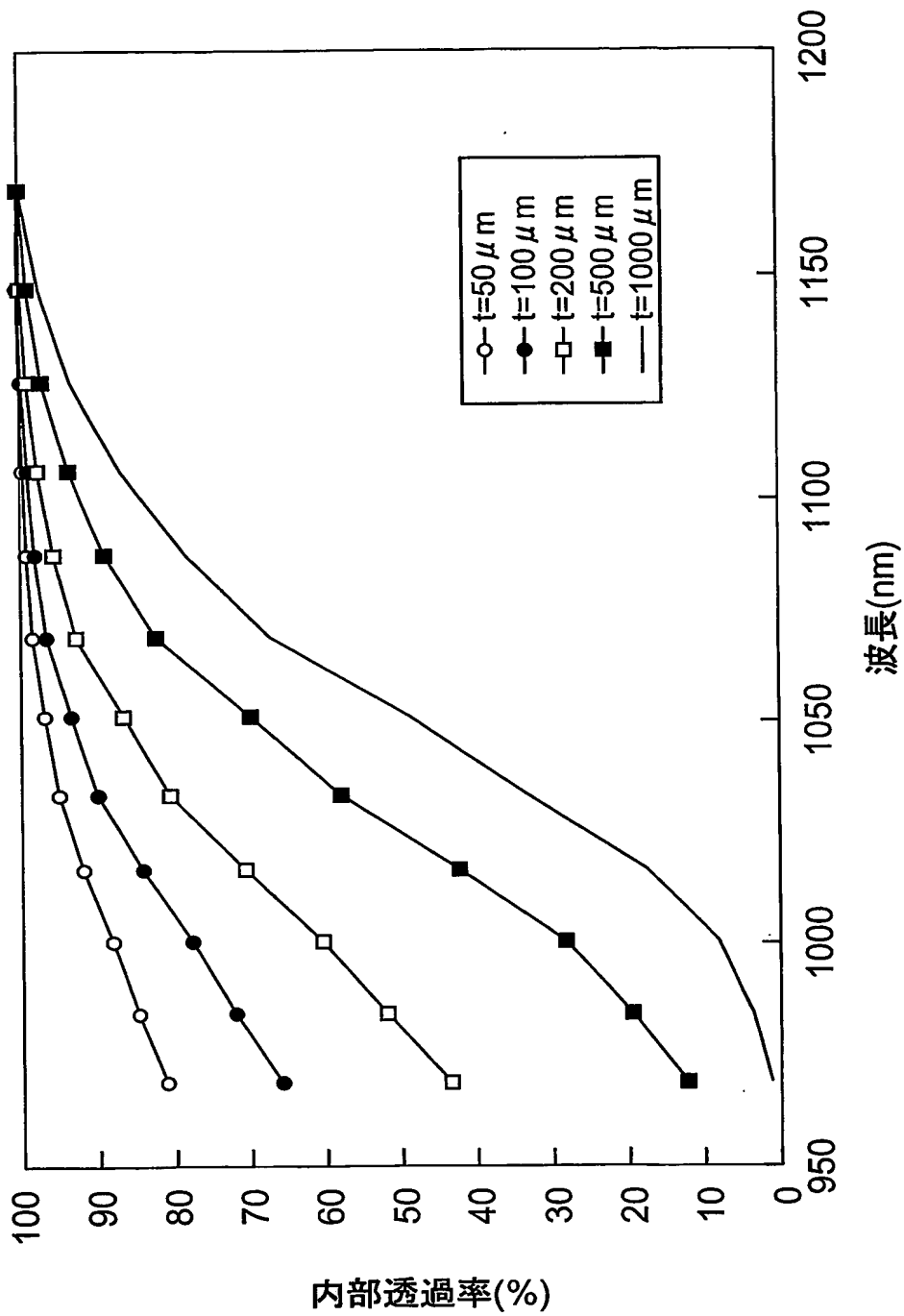


図13

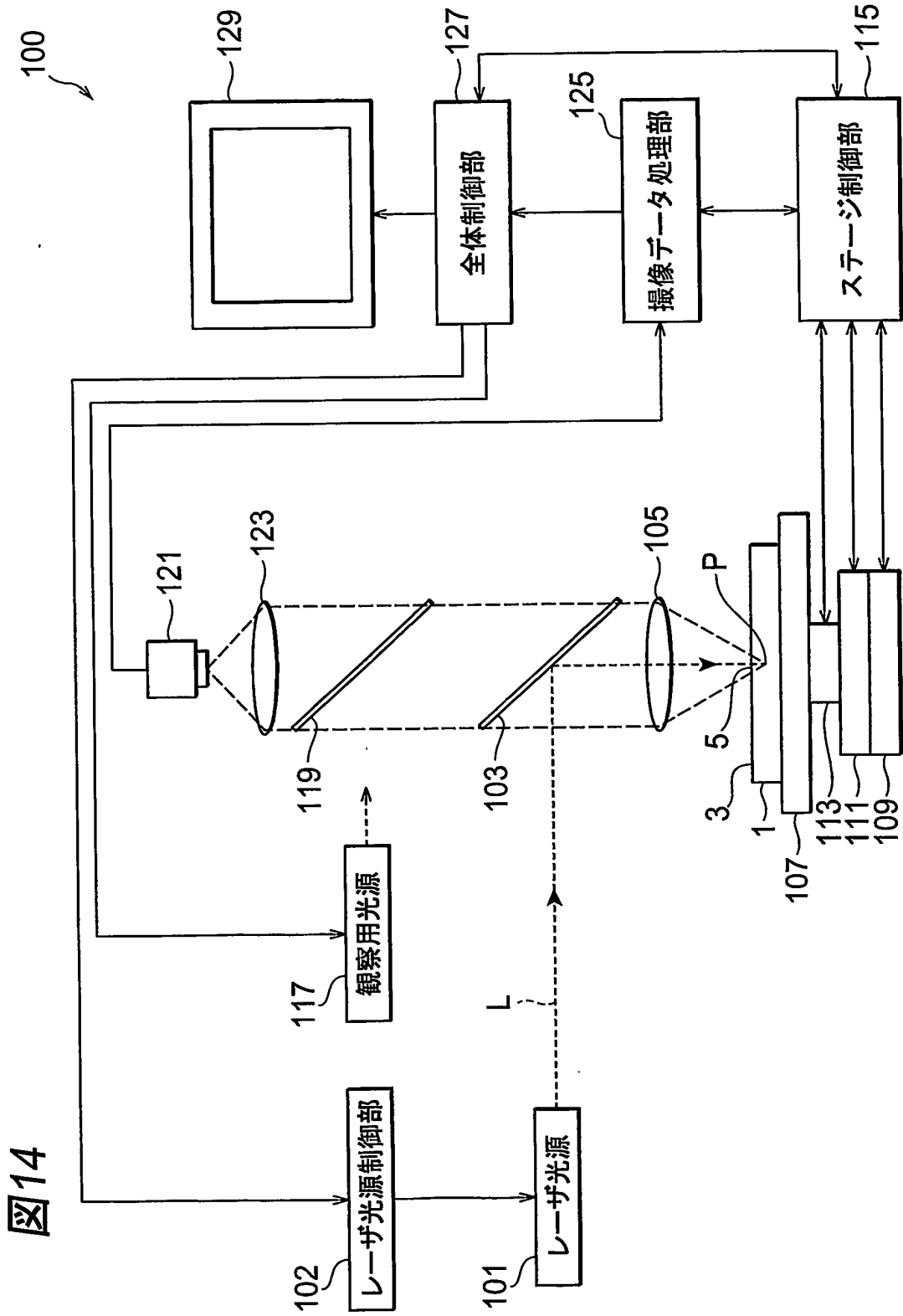


図14

図15

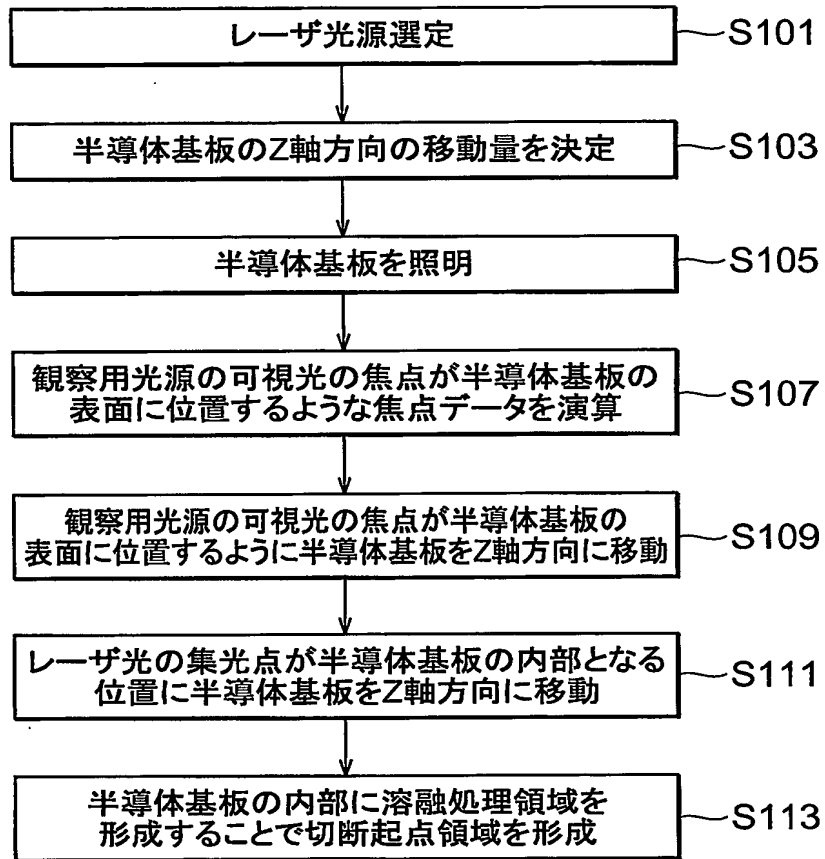


図16

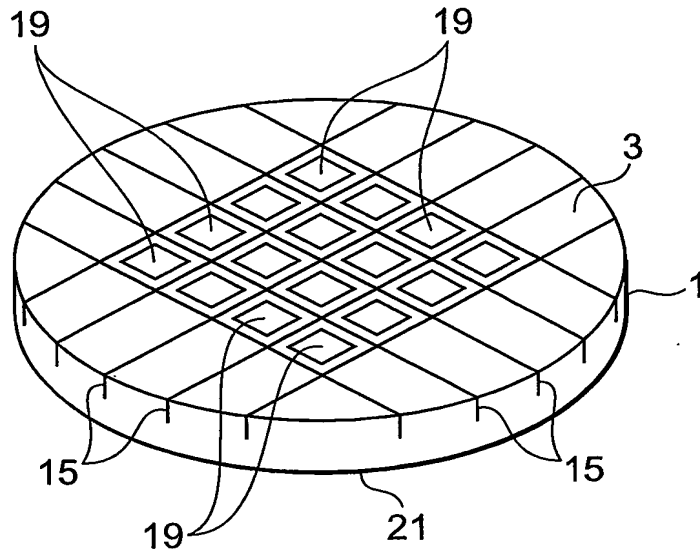




图17

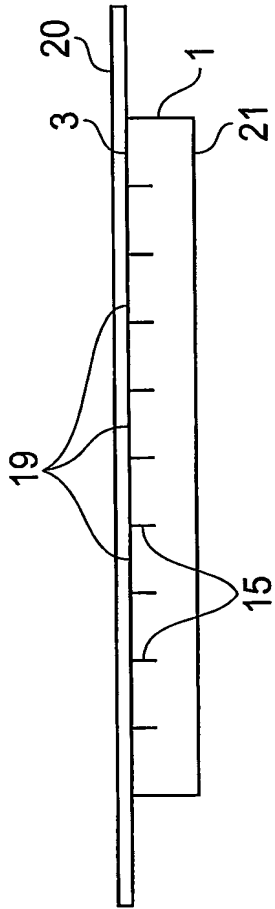


图18

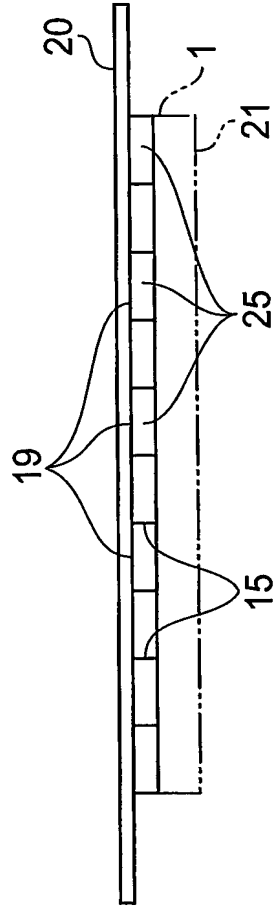


图19

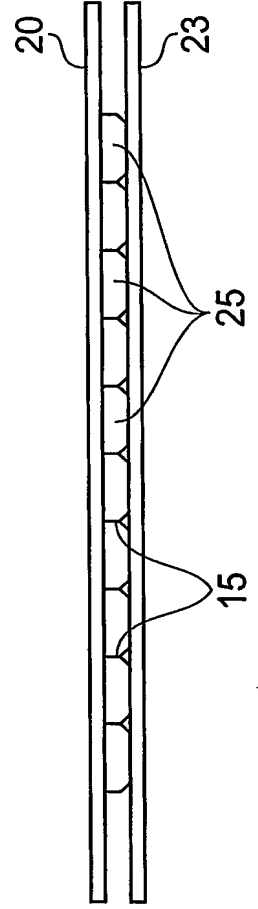


图20

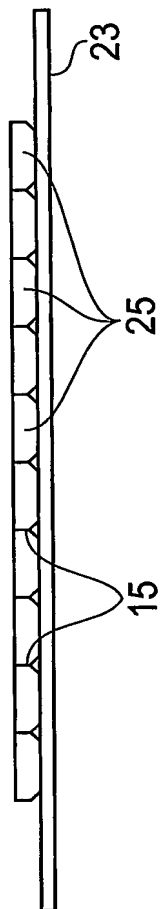


图21

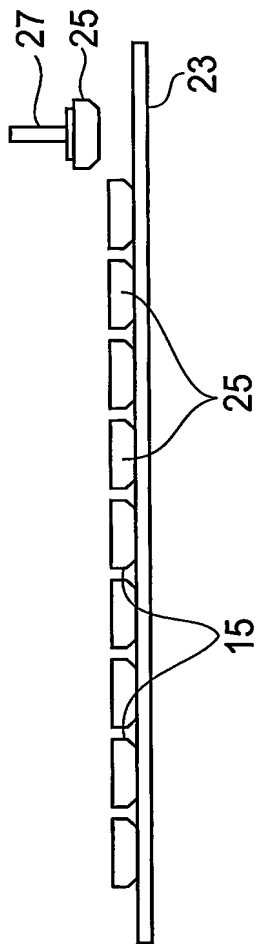


図22

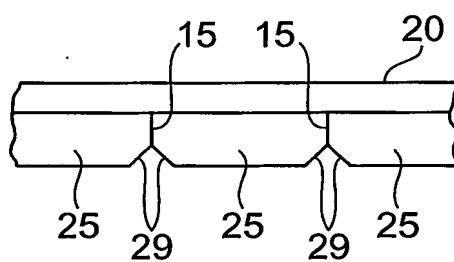


図23A

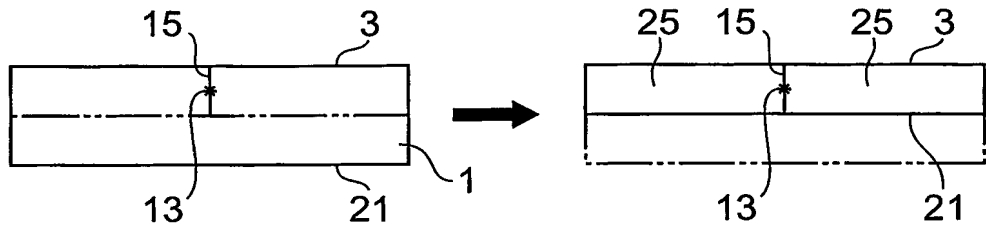


図23B

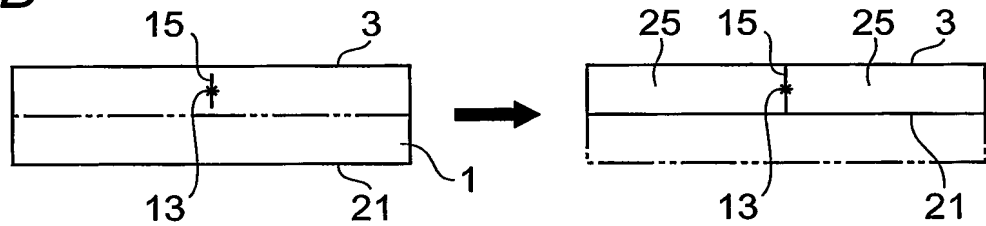


図24A

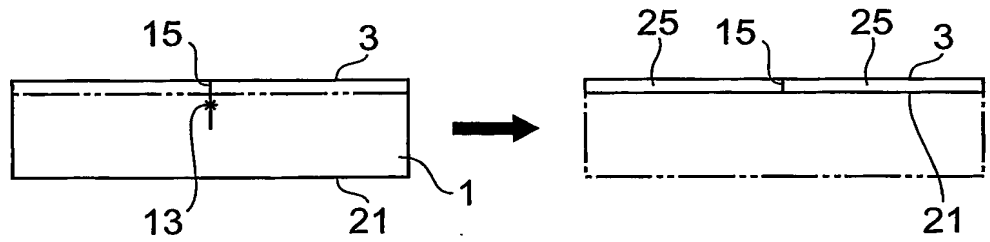


図24B

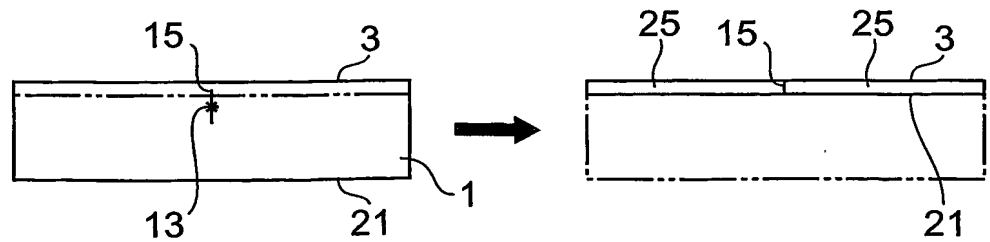


図25A

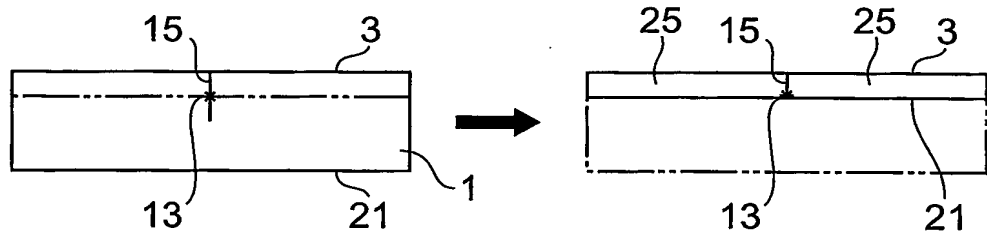


図25B

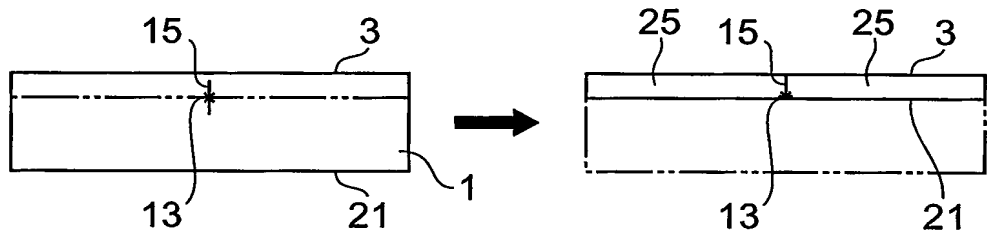


図26A

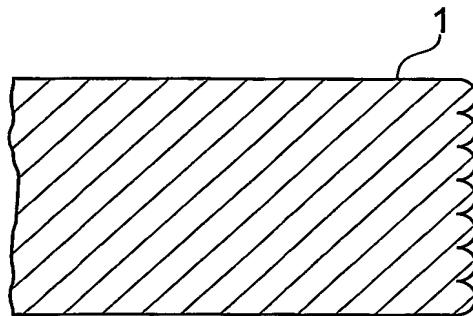


図26B

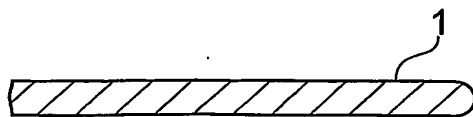


図27

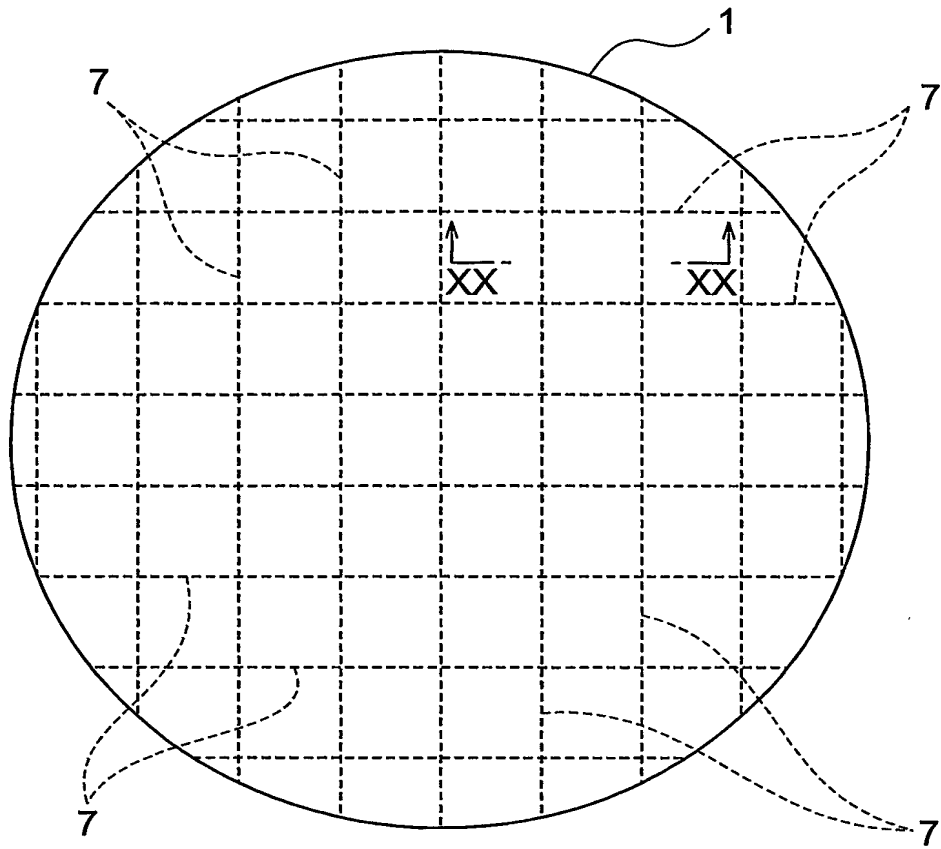


図28

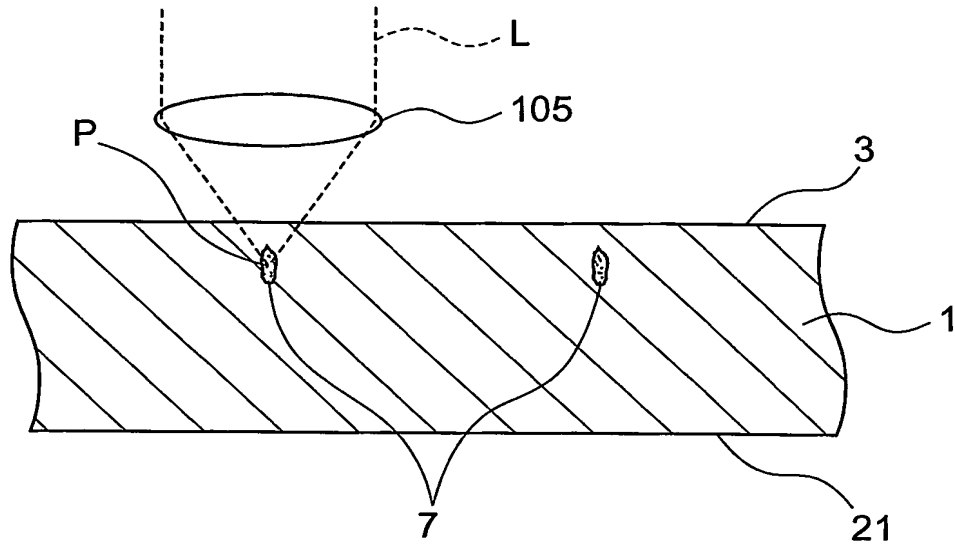


図29

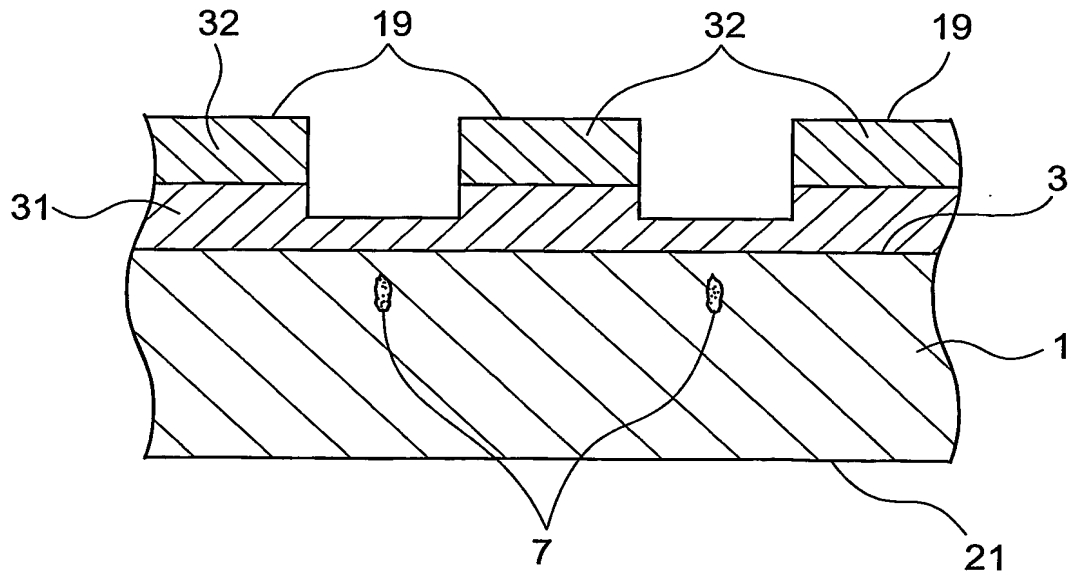


図30

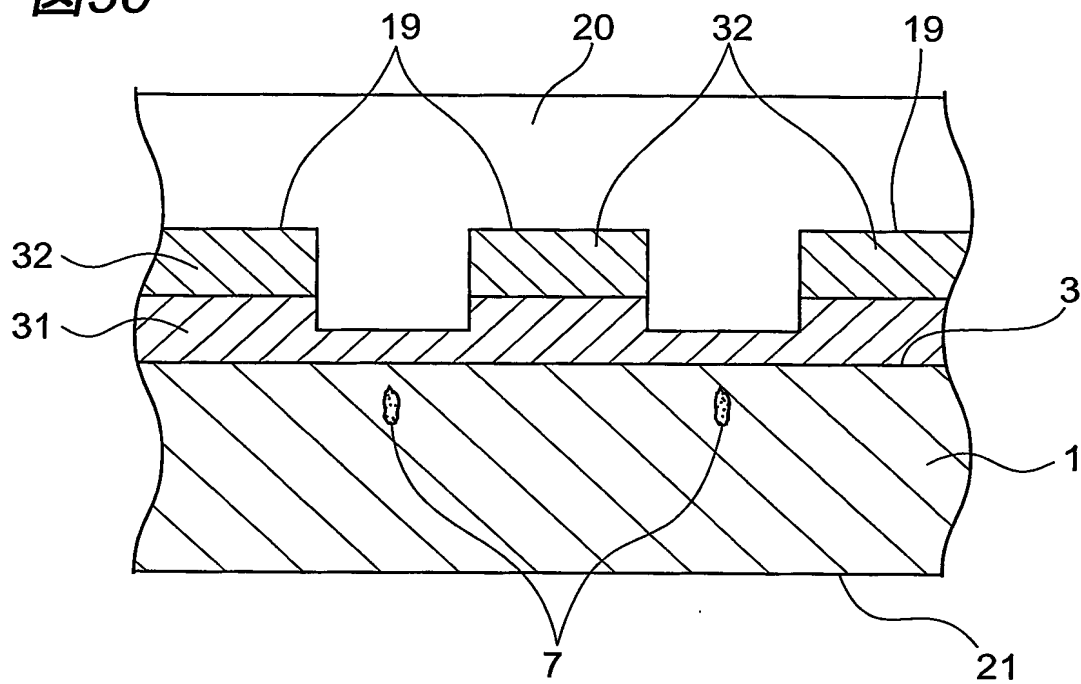


図31

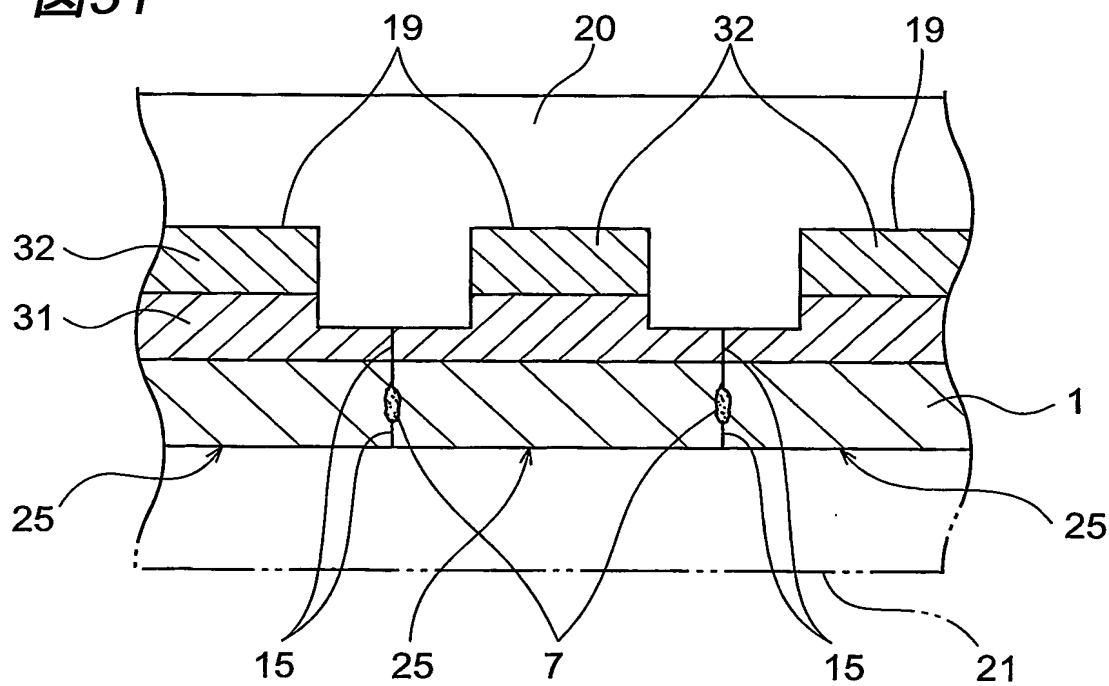




図32

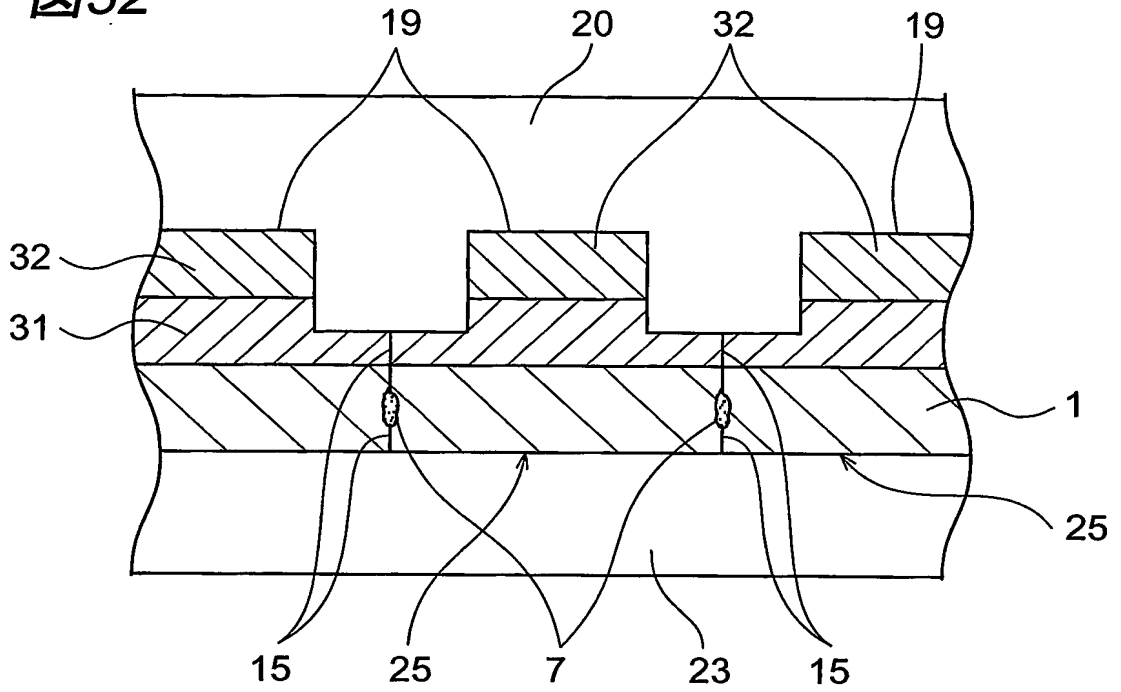


図33

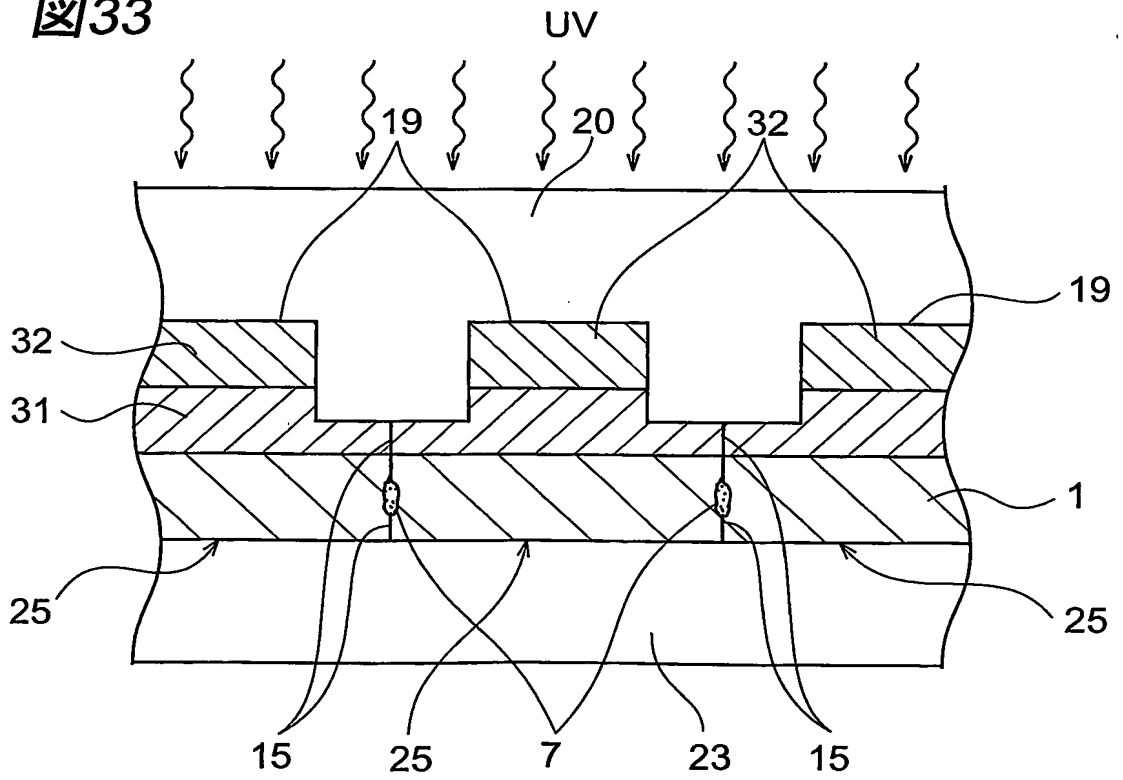


図34

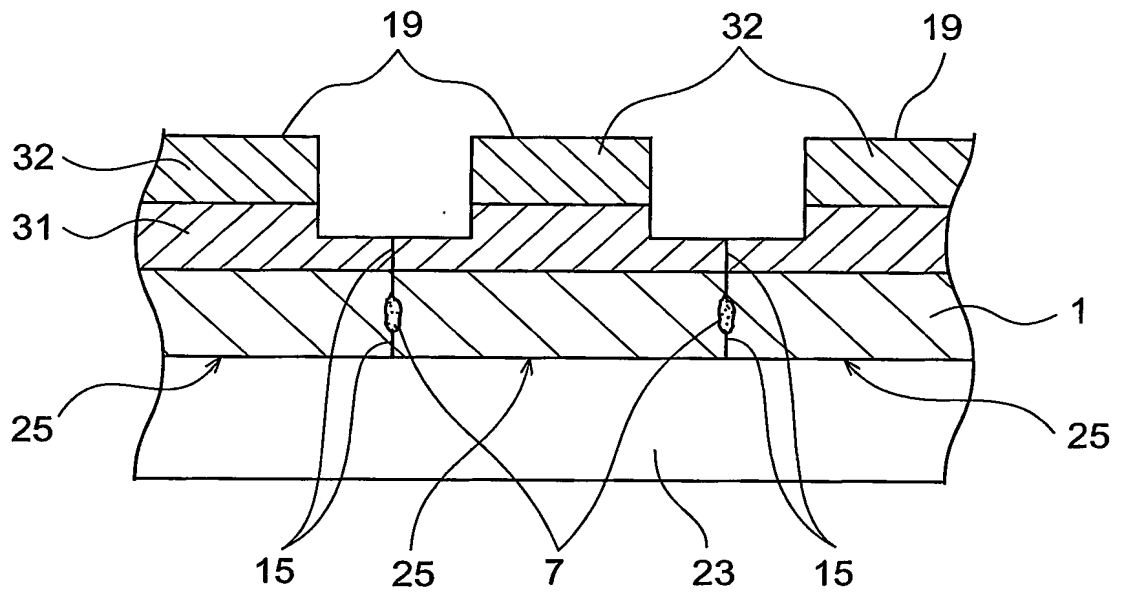
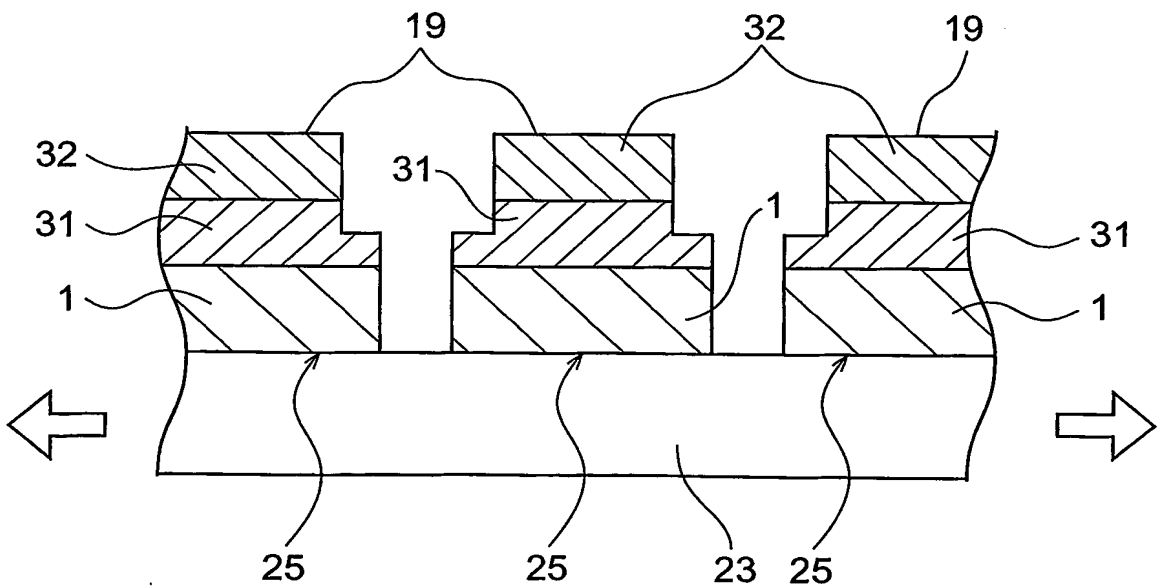


図35



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International Application No.

PCT/JP03/02669

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/301, B23K26/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/301, B23K26/00-26/42, B28D5/00, C03B33/00-33/14

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 863231 A1 (NGK INSULATORS, LTD.), 09 September, 1998 (09.09.98), Column 4, lines 40 to 47; column 10, lines 45 to 53 & JP 10-305420 A Claim 1; Par. No. [0021]	1-6
A	JP 4-111800 A (Nippon Sekiei Glass Co., Ltd.), 13 April, 1992 (13.04.92), Page 2, upper right column, line 17 to lower right column, line 7 (Family: none)	1-6
P,A	JP 2002-224878 A (Toshiba Corp.), 13 August, 2002 (13.08.02), Par. No. [0072] (Family: none)	1-6

Further documents are listed in the continuation of Box C.  See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 06 June, 2003 (06.06.03)	Date of mailing of the international search report 24 June, 2003 (24.06.03)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int. Cl<sup>7</sup> H01L21/301 B23K26/00

B. 調査を行った分野  
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
 Int. Cl<sup>7</sup> H01L21/301 B23K26/00-26/42  
 B28D5/00 C03B33/00-33/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの  
 日本国実用新案公報 1926-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	EP 863231 A1 (NGK INSULATORS, LTD.) 1998. 09. 09, 第4欄第40-47行, 第10欄第45-53行 & JP 10-305420 A, 【請求項1】, 【0021】	1-6
A	JP 4-111800 A (日本石英硝子株式会社) 1992. 04. 13, 第2頁右上欄第17行-右下欄第7行 (ファミリーなし)	1-6
PA	JP 2002-224878 A (株式会社東芝) 2002. 08. 13, 【0072】 (ファミリーなし)	1-6

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

- 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
- 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
- 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
- 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
- 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

- の日の後に公表された文献
- 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
- 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
- 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
- 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 06.06.03

国際調査報告の発送日 24.06.03

国際調査機関の名称及びあて先  
 日本国特許庁 (ISA/J P)  
 郵便番号100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員) 紀本 孝  
 3 P 8815  
 電話番号 03-3581-1101 内線 3363